

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 5 日
Date of Application:

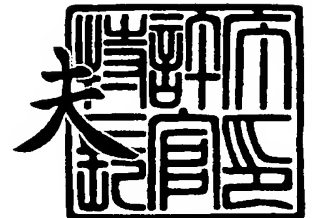
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 6 8 4 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 4 6 8 4 4]

出 願 人 本 田 技 研 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 8 3 8 4 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102366001

【提出日】 平成15年 2月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 7/00
G01C 3/06

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】 青山 千秋

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064414

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯野 道造

【電話番号】 03-5211-2488

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015392

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9713945

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 自動作業装置及び自動作業装置制御プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置により撮像した画像に基づいて対象物の空間上の位置を検出し、所定の作業を行う自動作業装置であって、

前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置と、前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置に応じて該対象物に関する位置情報の信頼度を識別し、該信頼度に応じて前記撮像装置回転装置の制御を行う転回制御部とを備えたことを特徴とする自動作業装置。

【請求項 2】 非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置により撮像した画像に基づいて対象物の空間上の位置を認識し、所定の作業を行う自動作業装置であって、

前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置と、前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の空間上の位置を求める位置認識部と、前記撮像装置で撮像された各画像に対し周辺部と中央部の少なくとも 2 つの領域を設定し、前記対象物抽出部で認識した対象物が画像上の前記周辺部にある場合には、前記中央部で対象物を撮像するように前記撮像装置転回装置で前記撮像装置の向きを変える転回制御部とを備えたことを特徴とする自動作業装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の自動作業装置において、

前記対象物との相対位置を変える移動装置をさらに備え、

前記位置認識部が認識した対象物の空間上の位置に基づき、前記対象物との相対位置を調整して所定の作業を行うよう構成されたことを特徴とする自動作業装置。

【請求項 4】 前記対象物抽出部は、予め対象物の基準色を記憶しておき、前記各画像から、この基準色に対応する画素のみを抽出して、対象物を抽出するよう構成されたことを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の自動作業装置。

【請求項 5】 前記抽出した画素に対し、連続している画素にそれぞれ同じラベル ID を付し、同じラベル ID を有する画素群を一つの物体と認識するよう構成したことを特徴とする請求項 4 に記載の自動作業装置。

【請求項 6】 前記対象物が球形の場合において、前記対象物抽出部は、前記各画像から抽出された基準色に対応する画素群の縦の視角と横の視角との比を計算し、この比が所定範囲内か否かで、前記画素群が対象物か否かを判断するよう構成したことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の自動作業装置。

【請求項 7】 前記対象物抽出部は、前記各画像から抽出された基準色に相当する画素群の縦の視角と横の視角により区画された領域中の、前記画素群の充填率が所定範囲内か否かで、前記画素群が前記対象物か否かを判断するよう構成したことを特徴とする請求項 4 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の自動作業装置。

【請求項 8】 前記対象物を撮像してその色をサンプリングし、このサンプリングした色を $C_r - C_b$ 空間上にプロットし、プロットされた空間上の領域のうち、原点に伸びる所定領域を除いて前記基準色が決定されたことを特徴とする請求項 4 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の自動作業装置。

【請求項 9】 前記撮像装置は左右に並設され、
前記位置認識部は、前記対象物抽出部で抽出することにより認識された各画像における対象物の位置から、前記対象物までの距離を求める距離演算部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の水平位置を求める水平位置演算部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の垂直位置を求める垂直位置演算部とを含んで構成され、

前記撮像装置により撮像された各画像に対し、周辺部の左右の領域、周辺部の上下の領域、周辺部を除く中央の領域の少なくとも 3 つの領域を設定し、

前記周辺部の左右の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記転回制御部による撮像装置の転回を行い、

前記周辺部の上下の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記転回制御部による撮像装置の転回を行い、かつ前記水平位置認識部により対象物の水平

位置を求めると共に距離演算部により対象物までの距離を求めることで対象物の水平平面上の位置を認識し、

前記周辺部を除く中央の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記距離演算部、前記水平位置演算部及び前記垂直位置演算部により対象物までの距離、対象物の水平位置及び垂直位置を求めることで対象物の空間上の位置を認識し、

認識した対象物の前記水平平面上の位置又は前記空間上の位置に基づき、前記移動装置により対象物との相対位置を調整して所定の作業をするよう構成されたことを特徴とする請求項 2 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の自動作業装置。

【請求項 1 0】 非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置と、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置とを備えて、前記撮像装置により撮像した画像に基づいて検出した対象物に対し所定の作業を行う自動作業装置を制御するため、コンピュータを、

前記撮像手段で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出手段と、前期対象物抽出手段により認識された各画像における対象物の位置に応じて該対象物に関する位置情報の信頼度を識別し、該信頼度に応じて前記撮像装置回転装置の制御を行う転回制御手段として機能させることを特徴とする自動作業装置制御プログラム。

【請求項 1 1】 非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置と、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置とを備えて、前記撮像装置により撮像した画像に基づいて認識した対象物に対し所定の作業を行う自動作業装置を制御するため、コンピュータを、

前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出手段と、前記対象物抽出手段により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の空間上の位置を求める位置認識手段と、前記撮像装置で撮像された各画像に対し周辺部と中央部の少なくとも 2 つの領域を設定し、前記対象物抽出手段で認識した対象物が画像上の前記周辺部にある場合には、前記中央部で対象物を撮像するように前記撮像装置転回装置で前記撮像装置の向きを変える転回制御手段として機能させることを特徴とする自動作業装置制御プログラム。

【発明の詳細な説明】**【 0 0 0 1 】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、撮像装置を備えたロボットや自動車などの自動作業装置及び自動作業装置制御プログラムに関する。

【 0 0 0 2 】**【従来の技術】**

従来より、種々の作業を行う自動作業装置が知られている。例えば、商品の生産工場内においては、組立ロボットを使用した部品の組み付けや溶接ロボットによる溶接作業を行っている。従来の組立ロボットなどにおいては、一定位置に流れてくる部品を決まったタイミングで掴み、決まった位置へ組み付けるように予め人が動作をティーチングし、同じ動作を繰り返させている。

しかし、前記した従来の組立ロボットなどは、予めティーチングした一定の動作しかできず、ラインや部品の設計に制限が生じるとともに、部品を一定位置にセットするための作業や自動整列装置などが必要とされる。また、一定の動作で移動している部品を掴むのは、困難であるため、部品を止めた状態で部品を掴む必要があった。

そのため、より高知能化した、移動している物体を自分で見つけ出すことができるとともに、移動している物体に対してタイミングを合わせて作業をすることができる装置が望まれる。

【 0 0 0 3 】

一方で、画像処理の技術は、近年盛んに開発されており、移動している物体を捕捉し続ける技術が開示されている。例えば、監視カメラのように、魚眼レンズで撮像した画像から、目標物の 3 次元位置情報を測位して追尾する装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

また、魚眼レンズを使用した例ではないが、ボールをカメラで追いつけてその位置を認識して、ビーチボールを打ち返すロボットについても報告されている（例えば非特許文献 1 参照）

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開平 6 - 1 6 7 5 6 4 号公報

【非特許文献 1】

辰野恭市, 「人とビーチバレーボールを打ち合うロボット」, 日本ロボット学会誌, 第 1 8 巻, 第 5 号, p. 1 0 5 - 1 1 1

【0 0 0 5】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、移動する対象物の位置検出のために一般的なステレオカメラシステムを用いた場合、取得する画像の全領域に亘ってほぼ一様な位置精度が得られる反面、視野角が水平方向で 6 0 度程度しか得られない。このような狭い視野角のステレオシステムでは、頻繁に様々な方向に移動する対象物を画像内に捉え続けられず、その位置を継続的に検出することは困難である。狭い視野角を補うために、非特許文献 1 に開示された発明のようにカメラの向きを高速で転回させて対象物を認識し続けようとするれば、高速のカメラ移動が必要であるとともに、複数の対象物を認識するなど、広い範囲の対象物を同時に捉えることが不可能になってしまう。特に、対象物を画像に捕捉し続けるだけでなく、対象物に対する正確な作業も要求される場合、その実現は困難である。

一方、広い視野角を得るために魚眼レンズを用いてステレオシステムを構築する方法もある。しかし、魚眼レンズは、レンズ特性に起因して、周辺視野における対象物の位置の認識精度が低くなってしまう。

このような背景に鑑み本発明がなされたもので、本発明は移動する物体に対する作業であっても正確に行うことができる自動作業装置を提供することを課題とする。

【0 0 0 6】**【課題を解決するための手段】**

前記した課題を解決するため、本発明では、非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置により撮像した画像に基づいて対象物の空間上の位置を検出し、所定の作業を行う自動作業装置であって、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置と、前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽

出部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置に応じて該対象物に関する位置情報の信頼度を識別し、該信頼度に応じて前記撮像装置回転装置の制御を行う転回制御部とを備えたことを特徴とする。

【0007】

また、本発明は、非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置により撮像した画像に基づいて対象物の空間上の位置を認識し、所定の作業を行う自動作業装置であって、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置と、前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の空間上の位置を求める位置認識部と、前記撮像装置で撮像された各画像に対し周辺部と中央部の少なくとも2つの領域を設定し、前記対象物抽出部で認識した対象物が画像上の前記周辺部にある場合には、前記中央部で対象物を撮像するように前記撮像装置転回装置で前記撮像装置の向きを変える転回制御部とを備えたことを特徴とする。

【0008】

このような自動作業装置によれば、まず、並設された複数の撮像装置により画像が撮像される。ここでの撮像装置は、中央視野よりも、周辺視野の方が、方位の精度が向上せず、従って周辺視野の方が対象物の位置認識精度が低いような撮像装置、すなわち、正射影型の魚眼レンズなどの非中心射影レンズを備えた撮像装置である。そして、本発明の自動作業装置においては、撮像した画像の周辺部においても方位だけは信頼できることを利用して、対象物が画像の周辺部に有って、その正確な位置は不明な場合でも転回制御部により早期に撮像装置転回装置を動作させ、撮像装置を対象物の方向に転回させることで、より早く対象物を視野の中央付近に捕捉することができる。

【0009】

そして、前記した自動作業装置においては、前記対象物との相対位置を変える移動装置をさらに備え、前記位置認識部が認識した対象物の空間上の位置に基づき、前記対象物との相対位置を調整して所定の作業を行うよう構成するのが望ましい。

【0010】

このように構成することで、自動作業装置が対象物の空間上の位置を高い精度で認識するとともに、その対象物との相対位置を調整した上で自動作業を行うので、高度で正確な作業が可能になる。

【0 0 1 1】

また、前記対象物抽出部は、予め対象物の基準色を記憶しておき、前記各画像から、この基準色に対応する画素のみを抽出して、対象物を抽出するよう構成することもできる。

対象物の認識においては、前記抽出した画素に対し、連続している画素にそれぞれ同じラベル I D を付し、同じラベル I D を有する画素群を一つの物体と認識するようにしてもよい。

【0 0 1 2】

また、前記対象物が球形の場合においては、対象物か否かを次のように判断するのが好ましい。すなわち、前記対象物抽出部は、前記各画像から抽出された基準色に対応する画素群の縦の視角と横の視角との比を計算し、この比が所定範囲内か否かで、前記画素群が対象物か否かを判断するのが好ましい。また、前記対象物抽出部は、前記各画像から抽出された基準色に相当する画素群の縦の視角と横の視角により区画された領域中の、前記画素群の充填率が所定範囲内か否かで、前記画素群が前記対象物か否かを判断するのが好ましい。

特に、球形の場合には、縦の視角と横の視角の比は、1 に近い値になるので、対象物か否かを判断することができる。また、ここで画素数ではなく、視角を用いることで、画像フレームの隅の方に対象物が撮像されて、円形から歪んでいる場合でも、正しく対象物か否かを判断することができる。さらに、充填率、すなわち、縦の視角と横の視角で区画される矩形領域中の画素群の割合から判断することで、たまたま縦の視角と横の視角の比が1に近いだけの円形から外れた矩形や輪形の画素群を排除して、正確に対象物を把握することが可能になる。

【0 0 1 3】

また、基準色を設定する際には、前記対象物を撮像してその色をサンプリングし、このサンプリングした色を C r - C b 空間上にプロットし、プロットされた空間上の領域のうち、ほぼ無彩色を示す原点に伸びる所定領域を除いて決定する

のが好ましい。

このようにすることで、サンプリング時の照明の反射により発生した無彩色の成分を除去して、その対象物本来の色を基準色とすることができる。

【0014】

また、前記した自動作業装置においては、前記撮像装置は左右に並設され、前記位置認識部は、前記対象物抽出部で抽出することにより認識された各画像における対象物の位置から、前記対象物までの距離を求める距離演算部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の水平位置を求める水平位置演算部と、前記対象物抽出部により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の垂直位置を求める垂直位置演算部とを含んで構成した上で、次のように制御するのが望ましい。すなわち、前記撮像装置により撮像された各画像に対し、周辺部の左右の領域、周辺部の上下の領域、周辺部を除く中央の領域の少なくとも3つの領域を設定し、前記周辺部の左右の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記転回制御部による撮像装置の転回を行い、前記周辺部の上下の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記転回制御部による撮像装置の転回を行い、かつ前記水平位置認識部により対象物の水平位置を求めると共に距離演算部により対象物までの距離を求めることで対象物の水平平面上の位置を認識し、前記周辺部を除く中央の領域に撮像された前記対象物に対する処理は、前記距離演算部、前記水平位置演算部及び前記垂直位置演算部により対象物までの距離、対象物の水平位置及び垂直位置を求めることで対象物の空間上の位置を認識し、認識した対象物の前記水平平面上の位置又は前記空間上の位置に基づき、前記移動装置により対象物との相対位置を調整して所定の作業を行わせる。

このように、撮像装置を左右に並べた場合には、画像の周辺部でも、周辺部の上下では、対象物が画面より上下にはみ出している可能性があるため、垂直方向の位置（Z位置）の信頼性は低いものの、水平位置（Y位置）及び左右の画像から計算される対象物までの距離（X位置）は信頼できる。従って、各画像の所定範囲の周辺部の上下の領域では、対象物の水平平面上の位置（X-Y位置）を認識することができる。さらに、周辺部を除く中央の領域においては、X位置、Y

位置、Z位置のそれぞれについて高い精度で認識できるため、この範囲に対象物があるときは、その空間上の位置（X位置、Y位置、Z位置）を認識する。

そして、認識した対象物の水平平面上の位置、空間上の位置に基づき、作業のために対象物との距離を調整する必要がある場合には、移動装置により自動作業装置と対象物との相対位置を調整し、所定の作業を行う。

なお、撮像装置の転回は、対象物が、撮像された画像の周辺部の左右の領域に有ったときはもちろん、周辺部の上下の領域に有ったときに行ってもよい。

【0015】

本発明の自動作業装置制御プログラムは、非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置と、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置とを備えて、前記撮像装置により撮像した画像に基づいて検出した対象物に対し所定の作業を行う自動作業装置を制御するため、コンピュータを、前記撮像手段で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出手段と、前期対象物抽出手段により認識された各画像における対象物の位置に応じて該対象物に関する位置情報の信頼度を識別し、該信頼度に応じて前記撮像装置回転装置の制御を行う転回制御手段として機能させることを特徴とする。

【0016】

また、本発明の自動作業装置制御プログラムは、非中心射影レンズを備えた複数の並設された撮像装置と、前記撮像装置の向きを変える撮像装置転回装置とを備えて、前記撮像装置により撮像した画像に基づいて認識した対象物に対し所定の作業を行う自動作業装置を制御するため、コンピュータを、前記撮像装置で撮像した各画像から対象物を抽出する対象物抽出手段と、前記対象物抽出手段により認識された各画像における対象物の位置から、対象物の空間上の位置を求める位置認識手段と、前記撮像装置で撮像された各画像に対し周辺部と中央部の少なくとも2つの領域を設定し、前記対象物抽出手段で認識した対象物が画像上の前記周辺部にある場合には、前記中央部で対象物を撮像するように前記撮像装置転回装置で前記撮像装置の向きを変える転回制御手段として機能させることを特徴とする。

【0017】

これらの本発明は、ボールを打つことや、組立ラインにおけるワークの取り扱い、操舵、減速及び加速を含む車両の運転などに応用することができる。これらの自動作業では、ボールが動いたり、ワークが組立ライン上を流れたり、並行して走っている車両や対向車両を認識したりした上で、何らかのアクションをする必要があるので、本願発明を好適に利用することができる。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

次に本発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら説明する。

本実施形態では、自動作業装置として、人間型ロボットを取り上げ、作業の内容としては、手で風船を上を繰り返し打ち上げる場合（＝バルーンプレー）で説明する。

図 1 は、本実施形態の人間型のロボット R の外観図である。図 1 に示すように、ロボット R は、人間と同じように 2 本の脚部 R 1 により起立、歩行し、上体 R 2、腕部 R 3、頭部 R 4 を有し、自律して歩行するロボットである。そして、ロボット R は、これらの脚部 R 1、上体 R 2、腕部 R 3、頭部 R 4 の動作を制御する制御装置搭載部 R 5 を背負う形で背中に備えている。頭部 R 4 には、後記する C C D (Charge-Coupled Device) カメラ 4 3 が備えられている（図 2，3 参照）。

。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、ロボット R を動作させるための主な内部構造を示した斜視図である。

なお、図 2 においては、説明の便宜のためにすべての関節はそれを駆動する電動モータにより示してある。

図 2 に示すように、ロボット R は、左右の脚部 R 1 にそれぞれ 6 個の関節 1 1 R (L) ～ 1 6 R (L) を備えている。左右 1 2 個の関節は、股部に設けられた脚回旋用（Z 軸まわり）の股関節 1 1 R，1 1 L（右側を R、左側を L とする。以下同じ。）、股部のピッチ軸（Y 軸）まわりの股関節 1 2 R，1 2 L、股部のロール軸（X 軸）まわりの股関節 1 3 R，1 3 L、膝部のピッチ軸（Y 軸）まわりの膝関節 1 4 R，1 4 L、足首のピッチ軸（Y 軸）まわりの足関節 1 5 R，1 5 L、足首のロール軸（X 軸）まわりの足関節 1 6 R，1 6 L から構成されてい

る。そして、脚部 R 1 の下には足部 17 R, 17 L が取り付けられている。

【0020】

すなわち、脚部 R 1 は、股関節 11 R (L), 12 R (L), 13 R (L)、膝関節 14 R (L)、足関節 15 R (L), 16 R (L) を備える。股関節 11 ~ 13 R (L) と膝関節 14 R (L) は大腿リンク 51 R, 51 L で、膝関節 14 R (L) と足関節 15 ~ 16 R (L) は下腿リンク 52 R, 52 L で連結されている。

【0021】

脚部 R 1 は、股関節 11 R (L) ~ 13 R (L) を介して上体 R 2 に連結される。図 2 では、脚部 R 1 と上体 R 2 との連結部を上体リンク 53 として簡略化して示す。上体 R 2 には腕部 R 3 及び頭部 R 4 が連結されると共に、上体 R 2 を回旋させるための重力軸 (Z 軸) まわりの関節 21 も設けられている。なお、脚部 R 1 及びこれを制御する制御ユニット 100 が、特許請求の範囲にいう移動装置に相当する。

【0022】

腕部 R 3 は、肩部のピッチ軸 (Y 軸) まわりの肩関節 31 R, 31 L、肩部のロール軸 (X 軸) まわりの肩関節 32 R, 32 L、腕部 R 3 を回旋させるための重力軸 (Z 軸) まわりの肩関節 33 R, 33 L、肘部のピッチ軸 (Y 軸) まわりの肘関節 34 R, 34 L、手首を回旋させるための重力軸 (Z 軸) まわりの腕関節 35 R, 35 L、手首のピッチ軸 (Y 軸) まわりの手首関節 36 R, 36 L、および同ロール軸 (X 軸) まわりの関節 37 R, 37 L から構成される。手首の先にはハンド 38 R, 38 L が取り付けられている。

【0023】

すなわち、腕部 R 3 は、肩関節 31 R (L), 32 R (L), 33 R (L)、肘関節 34 R (L)、腕関節 35 R (L)、手首関節 36 R (L) を備えている。肩関節 31 ~ 33 R (L) と肘関節 34 R (L) は、上腕リンク 54 R (L) で、肘関節 34 R (L) と手首関節 36 R (L) は下腕リンク 55 R (L) で連結されている。

なお、図示の便宜上、図 2 において右の腕部 R 3 は、肘関節 34 R で約 90 度

回転させている。

【0024】

そして、頭部 R 4 は、頭部 R 4 のチルト角を変更する首関節 4 1 と、パンを変更する首関節 4 2 とを有している。そして、頭部 R 4 には、魚眼レンズ 4 3 a, 4 3 a を備えた CCD カメラ 4 3, 4 3 が左右に並んで設けられている。CCD カメラ 4 3, 4 3 は、魚眼レンズ 4 3 a, 4 3 a により、水平方向に約 180 度の広い視野で頭部 R 4 前方の外界を撮像することができる。また、CCD カメラ 4 3, 4 3 は、首関節 4 1, 4 2 の回動により、撮像する向きを転回することが可能である。すなわち、CCD カメラ 4 3, 4 3 は、特許請求の範囲にいう撮像装置に相当し、首関節 4 1 及び首関節 4 2 が撮像装置転回装置に相当する。

【0025】

このような構成により、脚部 R 1 は左右の足について合計 12 の自由度を与えられ、歩行中にこれらの $6 * 2 = 12$ 個の関節を適宜な角度で駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に 3 次元空間を歩行させることができる（この明細書で「*」は乗算を示す）。また、腕部 R 3 も左右の腕についてそれぞれ 7 つの自由度を与えられ、これらの関節を適宜な角度で駆動することで所望の作業を行わせることができる。

【0026】

尚、図 2 に示す如く、足関節の下方の足部 17 R (L) には公知の 6 軸力センサ 6 1 が設けられ、ロボットに作用する外力のうち、床面からロボットに作用する床反力の 3 方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの 3 方向成分 M_x , M_y , M_z とを検出する。

【0027】

さらに、手首関節とハンド 38 R (L) の間には同種の 6 軸力センサ 6 2 が設けられ、ロボットに作用するそれ以外の外力、特に作業対象物から受ける前記した対象物反力の 3 方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの 3 方向成分 M_x , M_y , M_z とを検出する。

【0028】

また、上体 R 2 には傾斜センサ 6 3 が設置され、重力軸に対する傾きとその角

速度を検出する。また各関節の電動モータは、その出力を減速・増力する減速機（図示せず）を介して前記した大腿リンク 51 R（L）、下腿リンク 52 R（L）などを相対変位させると共に、その回転量はロータリエンコーダ（図示せず）によって検出される。

【0029】

図 1 に示した制御装置搭載部 R 5 には、制御ユニット 100 などが収納され、制御ユニット 100 には、CCD カメラ 43、43 が撮像した画像のデータ、及び前記した各センサ 61～63 などの出力（図示の便宜のためロボット R の右側についてのみ破線で図示）が送られる。また、各電動モータは制御ユニット 100 からの駆動指示信号により駆動される。

【0030】

次に、図 3 を参照しながらロボット R の構成を説明する。図 3 は、ロボット R のブロック図を示す。図 3 に示すように、ロボット R は、制御装置搭載部 R 5 に収納された制御ユニット 100 が制御の中心をなす。制御ユニット 100 は、各部に配置されたセンサから信号が入力され、入力された検出値に基づいてロボット R の行動を決定した上で、各関節などの駆動制御値を算出し、各関節などを動作させる。

【0031】

制御ユニット 100 は、中央制御装置（CPU）101、記憶装置 102、入出力インタフェース（I/F）103 を有するコンピュータであり、記憶装置 102 に格納されたプログラムに沿って入力された情報を処理することにより、後記する各機能を実行する。

【0032】

脚部 R 1 には、前記した各関節 11 R（L）～15 R（L）と、6 軸力センサ 61 が備えられ、6 軸力センサ 61 の検出信号は、制御ユニット 100 に入力され、各関節 11 R（L）～15 R（L）は、制御ユニット 100 により駆動される。

【0033】

上体 R 2 には、前記した関節 21、傾斜センサ 63 に加え、バッテリー 25 が備

えられている。バッテリー 25 の電力は、制御ユニット 100 を介して各関節に供給されている。また、傾斜センサ 63 の検出信号は、制御ユニット 100 に入力され、関節 21 は、制御ユニット 100 により駆動される。

【0034】

腕部 R3 には、前記した関節 31R (L) ~ 37R (L)、ハンド 38R (L)、6 軸力センサ 62 が備えられている。6 軸力センサ 62 の検出信号は、制御ユニット 100 に入力され、関節 31R (L) ~ 37R (L)、ハンド 38R (L) は、制御ユニット 100 により駆動される。

【0035】

頭部 R4 には、前記した首関節 41, 42 に加え、センサとしての CCD カメラ 43、ジャイロセンサ 44 などが備えられている。ジャイロセンサ 44 は、姿勢の制御などに利用される。

これらのセンサ情報に基づき、ロボット R は 3 次元空間における自己位置を認識することができる。このため、ロボット R では画像上の座標とロボット R 自身が持つ 3 次元上の座標とがリンクされる。なお、制御ユニット 100 によるロボット R の歩行制御は、例えば、本出願人が出願した特開平 10-217161 号公報に開示された技術を用いて実現される。

【0036】

図 4 は、本発明の要部に相当するハードウェア構成を示したブロック図である。制御ユニット 100 は、大きく画像処理用コンピュータ 100a と、行動制御用コンピュータ 100b とに分かれており、これらの間が、通信用の光ケーブル 107 で通信可能に接続されている。

画像処理用コンピュータ 100a は、動画像取り込み装置であるフレームグラバ 105 と、画像 CPU 101a と、通信ボード 109a を有し、これらがバスライン BL1 に接続されている。

また、行動制御用コンピュータ 100b は、通信ボード 109b と、制御 CPU 101b とを有し、これらがバスライン BL2 に接続されている。

前記した CCD カメラ 43, 43 は、右 CCD カメラ 43R と、左 CCD カメラ 43L とからなり、これらがそれぞれフレームグラバ 105 に接続されている。

。フレームグラバ105は、右CCDカメラ43R及び左CCDカメラ43Lで撮像した画像をデジタル化して取り込み、画像CPU101aに画像データを渡し、画像CPU101aで処理された処理後の画像データが通信ボード109a、光ケーブル107を介して行動制御用コンピュータ100bに送信される。

行動制御用コンピュータ100bは、通信ボード109bから前記処理後の画像データが入力され、制御CPU101bにおいて、この処理後の画像データに基づき、移動、風船打ち上げなどの行動を決定し、サーボアンプ108・・・を介して各関節21, 31・・・の電動モータを駆動する。

【0037】

図5は、ロボットRを機能的に示したブロック図である。

図5に示すように、ロボットRの制御ユニット100は、CCDカメラ43, 43で撮像した画像から対象物の位置を認識する画像処理部110と、画像処理部110が出力した対象物の位置に基づき、次の行動を決定する主制御部120と、主制御部120が決定した行動に基づき、実際に脚部R1を動かす移動制御部131と、上体R2及び腕部R3を動かす作業制御部132と、頭部R4を動かす頭部制御部133とを備えている。

【0038】

そして、画像処理部110は、画像入力部111と、対象物抽出部112と、距離演算部113と、水平位置演算部114と、垂直位置演算部115と、対象物領域認識部116とを有する。

ここで、本実施形態での画像処理の概略を説明する。

図6は、画像処理の概略を示したフローチャートである。図6において、フローチャートの左側及び右側には、処理されている左画像及び右画像の例を示している。

図6に示すように、まず、右CCDカメラ43Rと、左CCDカメラ43Lでそれぞれ右画像と左画像を撮像する(S101)。左画像L101、右画像R101には、それぞれ中央付近に風船BLが大きく撮像され、風船BLのまわりに、背景が撮像されている。背景は、室内であり、天井Cには、3列の照明(蛍光灯)LTが配列されており、左前方には四角い柱PLが立っている。左画像L1

01と、右画像R101とでは、視差が生じるため、左画像L101では、風船BLの位置が右画像R101に比較して右側に寄って撮像されている。

そして、基準となる色空間に含まれる画素のみを抽出することで対象物領域の抽出を行う(S102)。次に、一つのかたまりとして認識される部分を検出し、それぞれのかたまり部分にラベル付け(ラベリング処理)する(S103)。次に、ラベリングされたそれぞれの認識物体の形状が風船のものか否かを判定する形状判定を行い、本実施例の作業対象物である風船BLを特定する(S104)。最後に、右画像、左画像のそれぞれから認識された風船BLの画像中の位置から、風船BLの3次元位置を計算する(S105)。

【0039】

図5の画像入力部111は、前記したフレームグラバ105に相当し、左右に並んだ右CCDカメラ43Rと、左CCDカメラ43Lから動画像をフレーム単位(画像)で取り込み、対象物抽出部112へ出力する機能を有する。

【0040】

対象物抽出部112は、画像入力部111から出力された画像から、作業の対象物である風船BLの画像を抽出する。本実施の形態においては、風船BLの色に基づき風船BLを特定するため、自動作業をする前の準備処理として、作業対象である風船BLの色を予め覚えさせておく。

【0041】

(色の記憶)

風船BLの色を覚えさせる方法は次のようにして行う。

まず、図7に示すように、風船BLの全体が撮像できるように、CCDカメラ43の視野の中心付近で風船BLを撮像する。そして、風船BL以外の部分を含まないように風船BLの中央付近の矩形領域Sでサンプリングする。矩形領域Sの面積や形状、サンプリング位置は、風船BLのサイズや色、作業空間の照明LTなどの条件に応じて、ロボットRが高速かつ詳細に風船BLを検出できるように適宜設定される。サンプリングしてYCrCb空間で得た各画素の色情報を、Cr-Cb空間上にプロットすると、図8の標本風船色領域Csようになる。なお、図8の例では、水色の風船BLの場合について示している。図8のような

C r - C b 空間上では、原点に近づくほど無彩色になる。そして、C C D カメラ 4 3 の特性上、明るい画素ほど、色が薄くなるので、風船 B L 上で照明 L T の光が映っている画素部分は、薄い色となり、図 8 の C r - C b 空間上では原点に近い位置にプロットされる（図 8 の領域 C_N）。つまり、標本風船色領域 C_Sのうち、原点に近づくように伸びている領域 C_Nは、照明を反射している画素部分であり、作業対象である風船 B L の基準色としては採用しない方がよい。仮に領域 C_Nを含めて風船の基準色空間を設定すると、自動作業中、画像フレーム内において領域 C_Nと同等の色を有する、風船以外のノイズ部分が大量に抽出されてしまう。また、風船 B L は、照明 L T との関係上、その位置により色が微妙に変化する。さらに、風船 B L は、半透明であり、透けて見える向こう側の物体の色も混じるため、無彩色方向以外の色については、基準色空間として若干広めに採用する方がよい。従って、図 8 の基準風船色領域 C_Bのように、標本風船色領域 C_Sに対し、無彩色方向は捨て、その他の方向は広めに採取した領域の色分布を風船 B L の色として記憶させる。

なお、基準風船色領域 C_Bは、標本風船色領域 C_sや作業空間の状況などに応じて、ロボット R が高速かつ高詳細に風船 B L を検出できるように適宜設定される。また、予め覚えさせておく対象物（風船 B L）の色は、1色に限らず、様々な色の風船の色を覚えさせておき、複数の風船を自動的にロボット R が打ち上げられるようにしてもよい。

【0042】

（対象物領域の抽出）

図 6 のステップ S 1 0 2 に示すように、自動作業時に対象物領域を抽出するときは、入力された画像から記憶した基準風船色領域 C_Sの色と同じ色（これを、「基準風船色」（特許請求の範囲の基準色に相当）とする。）を有する画素のみを抽出する。基準風船色を有する画素を抽出した例が図 9 である。図 9 に示すように、ほぼ円形の風船 B L の形状が抽出されるが、風船 B L に照明 L T が映り込んだ部分（図 8 の領域 C_Nに相当）は切欠状に欠けて抽出されている。また、風船 B L 以外の部分でも、基準風船色領域 C_Sの色と同じ色に撮像された部分（蛍光灯上、基準風船色に相当する画素が得られた部分）がノイズとして抽出されて

いる。

【0043】

(ラベリング処理)

次に、基準風船色に従って、抽出された（ここでは、「色がある」という）画素について、互いに連結した画素を一領域としてラベルIDをつける。この処理は、注目する画素に色がある場合で、隣接する8画素（左上、上、右上、左、右、左下、下、右下）に色が無い場合には、その注目画素に新しいラベルIDをつける。そして、注目する画素に色があり、隣接する8画素にも色がある場合には、その注目画素に隣接する画素が有するラベルIDと同じラベルIDをつける。また、注目する画素に色があり、隣接する8画素のうち、2つ以上の画素に色があり、その隣接する画素に付けられたラベルIDが互いに異なっている場合には、注目画素と、前記隣接する画素のすべてに同じラベルIDをつける。

【0044】

このラベリング処理を、具体的に図10を参照しながら説明する。図10においては、四角形で画素を示し、色がある画素を斜線で示す。画素は、縦横のマトリックスに配置されており、画面の左上に位置する画素から順にラベリング処理を行っていく。図10(a)に示すように、注目画素(0, 0)だけに色があり、注目画素の周囲(上、左)の画素に色がない場合には、その画素に新たなラベルIDをつける。

図10(b)に示すように、注目画素(0, 0)に色があり、注目画素の上の(-1, -1)、(0, -1)、(1, -1)のいずれかに色があって左隣(-1, 0)に色がない場合には、上の色がある画素のラベルIDと同じラベルIDを注目画素につける。

図10(c)に示すように、注目画素(0, 0)の上の(-1, -1)、(0, -1)、(1, -1)のいずれにも色がなく、左隣(-1, 0)に色がある場合には、左隣のラベルIDと同じラベルIDを注目画素につける。

図10(d)に示すように、注目画素(0, 0)の上の(-1, -1)、(0, -1)、(1, -1)のいずれかと、左隣(-1, 0)に色があり、それぞれのラベルIDが同じ場合には、それらと同じラベルIDを注目画素につける。

図10(e)に示すように、注目画素(0, 0)の上の(1, -1)に色があり、それぞれのラベルIDが異なる場合は、(1, -1)と同じラベルIDが付いている画素は、すべて左隣のラベルIDと同じラベルIDにつけ直す。この図10(e)の場合の処理により、例えばU字型の領域のように、上で二手に分かれている1つの領域について、同じラベルIDを付すことができる。なお、画像フレーム内においていずれかの領域にも属さない画素には画素値「0」が付与される。

こうした処理を全画素について行うことにより、互いに連結した画素は一領域として同じラベルIDがつけられる。

【0045】

(形状判定)

次に、ラベルIDがつけられた領域について、およその形状を判定し、風船BLとして不適切な領域を取り除く。風船BLは一般に円形をしていることから、判定には「縦の視角と横の視角の比」及び「縦と横の矩形領域に対する色のある画素の充填率」を利用する。

すなわち、同じラベルIDがつけられた領域の縦方向の大きさ(視角)と、横方向の大きさ(視角)の比をとり、この比が1に近い所定の範囲内、例えば、0.8以上、1.2以下であれば、風船BLの可能性があると判定し、所定の範囲外であれば、風船BLの可能性はないと判定して、ラベルIDを抹消する。例えば、図11(a)に示すように、縦長の楕円であれば、視角の比が1から大きく外れるので、風船BLではないと判定され、ラベルIDが抹消される。ただし、大きさは画素数ではなく、視角により認識されるので、画像フレームの隅の方に寄って風船BLが撮像された場合には、画像上ではつぶれて楕円に見えるが、視角により認識した大きさからは、正しく縦横の比が1に近く認識される。

そして、前記した縦方向の大きさと、横方向の大きさで形成される矩形領域内の画素数に対する、ラベルIDがつけられた領域の画素数の割合を求め、この割合が所定範囲内、例えば0.68以上、0.88以下であれば、風船BLであると判定し、所定範囲外であれば、風船BLでないと判定してラベルIDを抹消する。このような処理をすることで、例えば、図11(b)に示した、長軸が斜め

45度傾いた楕円や、(c)に示したリング状の円は、縦横比は1であるが、風船BL以外の物として除去され、風船BLの領域だけが抽出される。

なお、縦横比や充填率のしきい値は、作業対象物の形状や作業空間の状況などに応じて適宜設定される。

【0046】

図5に示す距離演算部113、水平位置演算部114、及び垂直位置演算部115は、それぞれ、対象物とCCDカメラ43（ロボットR）との距離、CCDカメラ43（ロボットR）から対象物を見た水平位置、及び垂直位置を求める部分であり、これらの演算部113～115が、特許請求の範囲にいう位置認識部に相当する。

【0047】

（対象物位置の計算）

そのため、まず、抽出された風船BLの領域の画像上の中心位置を求める。中心位置は、形状判定により得られた風船領域の上端と下端の平均、及び左端と右端の平均の座標とする。次に、中心位置により特定されるCCDカメラ43から風船（中心位置）の方向（中心方向）を求める。中心方向は、図12に示すように、右CCDカメラ43Rについては、光軸MRからの水平方向の角度 α_1 と、光軸MRからの垂直方向の角度 γ により定義される（ベクトル D_1 ）。また、左CCDカメラ43Lについては、光軸MLからの水平方向の角度 α_2 と角度 γ により定義される（ベクトル D_2 ）。但し、予め画像フレーム上の各画素の位置と、CCDカメラ43の光軸からの角度の対応関係をテーブル（これを「キャリブレーションデータ」という。）にして記憶しておく。

そして、自動作業時には、右CCDカメラ43Rと、左CCDカメラ43Lのそれぞれで撮像した画像上の中心位置から前記キャリブレーションデータを参照して、ベクトル D_1 、 D_2 を特定する。

この中心の方向は、図で示すと図12のベクトル D_1 、 D_2 のようになる。

そして、図12に示すように、次の式（1）～（3）により風船位置（ P_x 、 P_y 、 P_z ）を求める。

$$P_x = (x_1 \tan \alpha_1 - y_1 - x_2 \tan \alpha_2 + y_2) / (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) \quad \cdots (1)$$

$$P_y = (P_x - x_1) \tan \alpha_1 + y_1 \quad \dots (2)$$

$$P_z = (P_x - x_1) \tan \gamma + z_1 \quad \dots (3)$$

但し、

(x_1, y_1, z_1) : 右 CCD カメラ 4 3 R の位置

(x_2, y_2, z_2) : 左 CCD カメラ 4 3 L の位置

α_1 : ベクトル D 1 の右 CCD カメラ 4 3 R の光軸 MR からの水平方向の角度

γ : ベクトル D 1 の右 CCD カメラ 4 3 R の光軸 MR からの垂直方向の角度

α_2 : ベクトル D 2 の左 CCD カメラ 4 3 L の光軸 ML からの水平方向の角度

とする。

【 0 0 4 8 】

なお、風船 B L の候補として抽出される領域は必ずしも一つとは限らないため、同じ色で複数の風船 B L の候補領域が抽出された場合には、すべての領域について中心方向のベクトルを求め、左右の画像のすべての中心方向のベクトルについて組合せを作り、そのベクトル方向の直線間の距離を求める。そして、直線間の距離が所定の誤差範囲内にある組合せを選択する。例えば、右画像で R A, R B の 2 つの候補領域があり、左画像で L A, L B の 2 つの候補領域があった場合、R A - L A, R A - L B, R B - L A, R B - L B の組合せを作り、この組合せの候補領域について、左右の各 CCD カメラ 4 3, 4 3 から各領域へ向かう直線間の距離を求める。そして、その結果が、それぞれ 0. 5 m, 0. 0 1 m, 0. 0 1 m, 0. 5 m だったとすると、正しい組合せとして、R A - L B と、R B - L A が選択される。

この処理によっても、風船 B L が一つに決まらない場合には、さらに、前記した形状判定の条件を円形に近いもののみにするように厳しくして絞り込むと良い。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態では、以上のような方法により図 5 に示すような距離演算部 1 1 3、水平位置演算部及び垂直位置演算部 1 1 5 を実現しているが、他の方法によりこれらの機能部を実現することもできる。たとえば、風船 B L の抽出画像について、画像の歪み補正を行い、各画素の座標の算術平均をとって重心座標を求め

、これを風船BLの中心位置とすることもできる。

そして、風船BLの距離（X位置）を、右画像と左画像で認識した風船BLの視差から求めることもできる。

【0050】

図5に示す対象物領域認識部116は、画像フレームを周辺部の左右の領域（「左右領域」とする）、周辺部の上下の領域（「上下領域」とする）、及びこれらの周辺部を除く中央の領域（「中央領域」とする）の3つに分け、対象物である風船BLが、前記3つの領域のどの領域に位置するかを特定する。

このように、対象物の位置する領域を特定するのは、魚眼レンズが、周辺視野に行くほど、対象物の位置の認識精度が落ちるからである。図13は、これを説明する図である。図13のグラフは、横軸にカメラの光軸からの角度をとり、縦軸に2つのカメラで撮像した画像から、対象物までの距離を計算したときの画像一画素分の違いによって生じる算出距離の誤差をプロットしたものである。図13に示すように、中心射影広角レンズの場合には、光軸からの角度が大きくなっても、距離の誤差には影響しないが、本実施形態で使用しているような正射影魚眼レンズの場合には、光軸からの角度が40度を越えた辺りから急激に誤差が大きくなる。そのため、本実施形態の自動作業装置では、画像の周辺部では、その対象物が光軸に対し、上にあるとか、右にあるなどという意味での方位は信頼できるが、空間上の位置（X位置、Y位置、Z位置）は、相対的に信頼性が低い。そこで、本発明では、画像フレーム内の領域に応じて、撮像された対象物の空間位置まで算出し、その情報を自動作業に利用するか、方位情報だけを利用するかを使い分けている。

【0051】

より具体的には、次のように位置認識精度の信頼性に応じた領域設定をしている。図14に示すように、魚眼レンズ（CCDカメラ43）で撮像した画像は、もともと円形の画像領域で、画像フレーム上はその上下が欠けた範囲で取り込んでいる。そして、左右領域 A_H においては、対象物がある方位だけを信頼して、対象物までの距離については信頼しない。

また、上下領域 A_V においては、対象物がある方位と、対象物までの距離を信

頼し、垂直位置（Z位置）については信頼しない。ここで、対象物までの距離を信頼するのは、CCDカメラ43が左右に並んで2つ配置されており、距離は両カメラの水平角により捉えられるものであり、かつ、水平角を求める元になる対象物の水平位置については信頼できるからである。

そして、中央領域 A_C においては、対象物がある空間上の位置（X位置、Y位置、Z位置）を信頼する。なお、前記した3つの領域に加えて、対象物の位置特定には使えない最も外側の周辺視野部を視野外部 A_N とする。

中央領域 A_C と上下領域 A_V 若しくは左右領域 A_H との境界は、CCDカメラ43の光軸から25度～35度の範囲に設定するのが望ましい。なぜなら、本実施形態の作業において必要な距離精度は、サブピクセルの処理をしたときに1cmであり、1画素当たりでは約5cmに相当するからである（図13の角度30度付近を参照のこと）。なお、本発明で使用する魚眼レンズに関し、図14に示す各領域（イメージサークル）は、その大きさと位置を変更できる。

ここで、図14の領域 A_C を広くして領域 A_N が外側に位置しすぎると、魚眼レンズの周辺部、特に上下方向にある風船BLの探知が困難になる。一方、領域 A_C 、 A_H 、 A_V 、 A_N を小さくしすぎて魚眼レンズによる視野が図14の矩形画像フレームに略円形に収まるようにしてしまうと、上下の視野角は広がるが、位置精度が高い領域 A_C の面積が小さくなってしまう。従って、領域 A_C 、 A_H 、 A_V 、 A_N の設定態様は、魚眼レンズの特性、要求される作業精度、作業対象の動作特性などに応じて適宜設定される。

本実施形態では、図14に示すように下方への視野を広く設定している、これは、照明LTによる悪影響の除去、落下している風船の不必要な探索の防止、ロボットRに非常に接近した風船に対する正確な打ち上げ作業の実現などのためである。

【0052】

（対象物領域の認識方法）

次に、対象物である風船BLがどの領域にあるかの認識方法について説明する。

まず、風船として抽出された領域を構成する各画素について、各領域ごとの画

素数を数える。例えば、

- 1) 視野外部 A_N 2 画素
- 2) 左右領域 A_H 10 画素
- 3) 上下領域 A_V 20 画素
- 4) 中央領域 A_C 100 画素

であったとする。この時 1) ~ 3) で最大の画素数を有している領域を仮の風船存在領域にする。この例の場合、3) の上下領域 A_V が仮の風船存在領域となる。

。

次に、仮の風船存在領域内の画素数を風船全体の画素数で割った値を求める。この例の場合、

$$20 / (2 + 10 + 20 + 100) = 0.15$$

で 0.15 を得る。

さらに、この値が、各領域で予め決められた所定値以下の場合には、中央領域 A_C を風船存在領域とし、所定値以上の場合には、仮の風船存在領域を真の風船存在領域とする。この所定値としては、例えば、1) で 0.1、2) で 0.2、3) で 0.4 という値を利用できる。本実施形態の場合、3) で 0.15 なので、 $0.15 < 0.4$ より、風船 BL が中央領域 A_C にあると特定できる。なお、この所定値は、検出位置精度や検出限界距離等に応じて適宜設定される。

そして、対象物領域認識部 116 (図 5 参照) で特定された領域を領域特定信号 A_S として、主制御部 120 へ出力する。

【0053】

なお、この対象物領域の特定方法は、このような方法に限らず、例えば、抽出された画像上の対象物の重心が、どの領域に有るかで特定することもできる。

【0054】

図 5 に示す主制御部 120 は、信号選択部 121 と、行動決定部 122 とを有する。

【0055】

信号選択部 121 は、前記した対象物領域認識部 116 で特定された領域特定信号 A_S に基づき、距離演算部 113、水平位置演算部 114、及び垂直位置演

算部 1 1 5 から入力された X 位置、Y 位置、Z 位置のうち、位置の特定に使用する信号のみを選択する。

すなわち、領域特定信号 A_S が視野外部 A_N を示すものであれば、X 位置、Y 位置、Z 位置のいずれも選択しない。そして、領域特定信号 A_S が左右領域 A_H を示すものであれば、X、Y 位置から方向を出力する（すなわち、図 10 の角度 α_1 を出力する）。また、領域特定信号 A_S が上下領域 A_V を示すものであれば、X 位置と Y 位置を選択する（すなわち、信頼性の低い位置情報は使わない）。さらに、領域特定信号 A_S が中央領域 A_C を示すものであれば、X 位置、Y 位置、Z 位置のすべてを選択する。

【0056】

行動決定部 1 2 2 は、前記した対象物領域認識部 1 1 6 で特定された領域特定信号 A_S 、及び信号選択部 1 2 1 から出力された位置のデータに基づき、ロボット R の次の行動を決定し、移動制御部 1 3 1、作業制御部 1 3 2、及び頭部制御部 1 3 3 に行動の指令を出力する。なお、行動決定部 1 2 2 は、特許請求の範囲にいう転回制御部の機能を含む。

【0057】

ロボット R に風船 B L を打ち上げる作業をより確実に行わせるために、本実施形態では、前提として、次の 1) ～ 3) のことを行動決定部 1 2 2 が行うようにした。

1) ロボット R は常に足踏みをさせておく。これは、風船 B L との距離を合わせるために移動するときに、すぐに移動できるようにするためであり、行動制御部 1 2 2 は、常に、移動制御部 1 3 1 に足踏みの制御を行わせる。

2) 風船 B L を打つとき以外は、ロボット R の腕部 R 3 のハンド 3 8 R (L) は一定の高さに保持させておく。これは、いわば風船 B L を打つためのテイクバックであり、位置を固定しておくことで、風船 B L とハンド 3 8 R (L) の距離の認識を容易にしている。

3) 現在の風船 B L の位置を認識するだけでなく、次の風船 B L の位置を予測しておく。これは、風船 B L の挙動に対する反応を良くするためであり、具体的には、等速度運動により風船 B L が落下すると仮定して次の処理タイミングにおけ

る風船位置を計算すれば良い。また、水平方向の移動についても等速直線運動をすると仮定して、直前に認識した風船B Lの速度に応じて次の処理タイミングにおける風船位置を計算すれば良い。なお、実際には重力加速度や風、風船重心の偏心等の影響を受けて風船は等速直線運動しないが、処理周期が短いために風船B Lが等速直線運動すると仮定して次ぎの位置を予測しても十分に正確な打ち上げ作業が継続できる。本発明は、複雑な位置予測のための計算量の増加を抑制しつつ正確な自動作業の継続を実現している。

このように、ロボットRは、所定時間前の風船B Lの時間と位置を記憶しておき、さらに所定時間先までの風船B Lの位置を予測計算している。いわば、風船B Lモデルを有しており、この風船B Lモデルに基づいて行動している。

【0058】

そして、予測した風船B Lの位置に応じて、次のような1)～3)の各処理を決定する。

1) 風船B Lが、左右領域 A_H 又は上下領域 A_V にある場合には、風船B Lが視野の中央部に来るように頭部制御部133に頭部を転回させて、CCDカメラ43, 43の向きを変える(視線変更)よう指示する。この結果、ロボットRが風船B Lの3次元位置を詳細に算出できるようになり、正確な風船打ち上げ作業が実現する。

2) 風船B Lが見つからなかった場合、例えば、基準風船色が見つからなかった場合や、基準風船色は見つかったが、形状判定の結果風船に相当する部分がなかった場合には、風船を探すように視線変更する。この際、例えば、60fpsの画像処理速度時において、風船B Lを続けて見つけられなかったフレーム数が2フレーム以下である場合には、前回のルーチンにおける風船モデルを参照して、風船が現在あると予測される方向に視線変更する。風船B Lが連続3フレーム以上続けて見つけられなかった場合には、風船B Lを見失っているので、サーチモードとなり、ランダムに視線変更して、風船を探す。

3) 風船B Lが、遠すぎたり、近すぎたり、左右にずれすぎて手で打てるような距離に無い場合には、ロボットRと風船B Lの位置関係が手で風船B Lを打ち上げる上で適切になるように、移動制御部131に、移動を指示する。

4) 風船BLの位置がハンド38R(L)の上からずれていても、腕部3の調整により風船BLの下へ合わせられる範囲であれば、ハンド38R(L)の位置を調整するように作業制御部132に腕部3を動かすよう指示する。この時、上体Rを変位させるようにしてもよい。

5) 風船BLが、ハンド38R(L)の高さから所定距離だけ上の位置に来ると判断したときには、ハンド38R(L)を上上げるように作業制御部132に指示をする。

本発明では、次のタイミングの風船位置を予測しているので、上記の各動作の始動を早めることができる。なお、上述のロボットRの足踏みやハンド38R(L)の高さ保持は必ずしも必要な要件ではないことはいうまでもない。

【0059】

移動制御部131は、行動決定部122の指示に基づいて、脚部R1内の関節を動かして足踏み、移動の動作を行わせる。

【0060】

作業制御部132は、行動決定部122の指示に基づいて、上体R2及び腕部R3内の関節を動かしてハンド38R(L)を上方へ移動させ、風船BLの打ち上げ動作を行う。

【0061】

頭部制御部133は、行動決定部122の指示に基づいて、関節41, 42を動かして頭部R4を動かし、よってCCDカメラ43を転回させる。

【0062】

なお、実際には、画像処理部110の処理は、図5の画像CPU101aにより実行され、主制御部120、移動制御部131、作業制御部132、及び頭部制御部133の処理は、図5の制御CPU101bにより実行される。

【0063】

以上のように構成されたロボットRの動作について、図15のフローチャートを参照しながら説明する。

まず、ロボットRは、左右のCCDカメラ43R, 43Lで風船BLを撮像し、フレームグラバ105(画像入力部111)により画像を画像CPU101a

の処理領域へ取り込む (S201)。そして、対象物抽出部112において、予め記憶していたCr-Cb空間上の特定領域に相当する基準風船色を左右の各画像から抽出する (S202)。

【0064】

次に、基準風船色が抽出できたかどうか判断し (S203)、抽出できなかったときは (S203, No)、視野に風船が無いということなので、風船を探すように視線を変更する (S204)。基準風船色の抽出が成功した場合には (S203, Yes)、領域抽出後の左右各画像について、連結されたひとまとまりの領域ごとにラベルIDをつける処理を行う (S205)。次に、形状判定を行って、円形に近い領域だけに絞り込む (S206)。形状判定の結果、風船が無かった場合には (S207, No)、視線変更をして、風船BLを探す (S204)。

【0065】

一方、風船BLが見つかった場合には (S207, Yes)、距離演算部113、水平位置演算部114、垂直位置演算部115により、風船BLの中心位置を求めてその方向のベクトル D_1 、 D_2 を求める (S208)。これにより、風船BLの中心位置を推定し、角度情報 (α_1 、 α_2 、 γ) を得る。そして、この角度情報に基づいて、風船が存在する領域が、左右領域 A_H 、上下領域 A_V 、中央領域 A_C のいずれであるかを特定する (S209)。

領域の特定の結果、風船BLが中央領域 A_C に存在していない場合には (S210, No)、風船BLの空間上の位置を求めても信頼できないため、中央領域 A_C で風船BLを捉えられるように視線変更する (S204)。

風船BLが中央領域 A_C に存在していた場合には (S210, Yes)、風船BLの空間上の位置を正確に求められるため、ベクトル D_1 、 D_2 から風船BLの空間上の座標 (X, Y, Z) を求める (S211)。このとき、風船BLの直径も算出しておく。

【0066】

次に、求めた風船BLの位置を元にして、風船モデルを更新する (S212)。すなわち、風船BLの過去の移動軌跡、速度、及び現在位置から、所定時間後



までの風船B Lの位置を予測する。なお、風船B Lの現在位置が信頼できない場合には、過去の移動軌跡などから風船モデルを更新すればよい。そして、風船モデルを記憶装置102に記憶させる（S213）。

【0067】

次に、制御CPU101bが、記憶した風船モデル内の風船位置を参照し（S214）、行動の決定と行動の指示を行う。制御CPU101bは、風船B Lの空間上の座標から、ロボットRと風船B Lの距離が適切になるように足踏みを行い、又は脚部R1を踏み出して調整する（S215）。

そして、風船B Lを打てるタイミングで無かったときには（S216, No）、打てるタイミングになるまで、以上のステップS201～S216の処理を繰り返して、風船B Lを常にCCDカメラ43で捉えつつ、風船B Lとの距離を調整する。なお、本実施形態では、CPUを2つ使用しているので、実際には画像CPU101aがステップS201～S203を繰り返し、制御CPU101bがステップS214～S216を繰り返す。

風船B Lを打てるタイミングだったときには（S216, Yes）、行動決定部122が、ハンド38R（L）を上げるように作業制御部132に指示する（S217）。このとき、風船の中心位置と直径が分かっているので、風船の下端をたたくように最適タイミングでハンド38R（L）を振り上げる。このように本発明では、画像処理と制御処理を同期させている点にも特徴がある。

【0068】

以上のように、本実施形態のロボットRによれば、移動する風船B Lを常にCCDカメラ43で追跡するとともに、風船B Lと自分との距離を調整し、打ち上げ可能な条件になったときに、ハンドを上げることで風船B Lを打ち上げるという作業を行うことができる。本発明者らの実験では、10回～15回程度なら確実に風船打ち上げ作業を繰り返すことができた。

このバルーンプレイの様子を図示したのが図16である。図16では、左上のフレームM1から右下のフレームM10までロボットRを撮影したコマを時間経過に沿って図示している。なお、頭部R4のカバーは外されて、CCDカメラ43が露出している。図16に示すように、フレームM1からフレームM5にかけ

て、ロボットRは、自分と風船BLの距離（相対位置）を調整するため、脚部R1を動かして移動している。そして、フレームM6からフレームM10でも、脚部R1を動かし続けて風船BLの落下点にハンド（図では腕部R3で図示）38Lが位置するように調整を図っている。また、CCDカメラ43は、風船BLを追いかけるように注視しており、風船BLを中央領域A_Cで撮像していることがわかる。

【0069】

このように、本実施形態のロボットRによれば、魚眼レンズ43a, 43aを使用していることで広い視野を確保でき、そのために近くの物も広く認識できる。また、画像（視野）の周辺部で、対象物を捉えたときには、その方位を信頼してCCDカメラ43を転回させることで対象物を捉え続けることができる。なお、風船BLを捉え続ける作業は、作業に必要なレベルで続ければ良く、例えば、本実施形態では、視野の下の方へ風船BLが外れかかっているときでも、風船モデルにより所定時間後の風船BLの位置が十分な精度で予測できることが分かっているれば、それ以上、CCDカメラ43を下に向けることなく作業をすることもできる。

また、画像の周辺部であっても、上下領域A_Yに風船BLが有る場合には、左右にCCDカメラ43が並んでいることから、距離（X位置）についても信頼でき、X位置の情報を利用することで、風船モデルの精度を高い状態に保つことができる。従って、作業を正確に行うことができる。

【0070】

また、実施の形態においては、CCDカメラ43を左右に並べたが、縦に並べてもよいし、3つ以上並べて設けても構わない。さらに、撮像画像中で、4つの領域に分割して、対象物が存在する領域ごとの処理を変えたが、領域は、中央部と周辺部の2つに分割する等、他の分割方法によるものでも構わない。本発明によれば、上記実施例で説明したような処理方法を利用して、複数の対象物の画像が得られ、それぞれの形状や色が異なっている自動作業が行える自動作業装置を提供することも可能である。

【0071】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記した実施形態に限定されることなく広く応用することが可能である。

例えば、魚眼レンズを使った人間型ロボットがする作業としては、

- 1) 左右に人がいると推定される場合、カメラを回転させることで特定人物を視野中心部で認識して、距離を検出し、その人に近付いていく。
 - 2) 接近に伴って徐々に大きくなる物体を見つけて、カメラを回転後その接近速度を算出し、その物体を避ける。
 - 3) 左右に映る柱の角度を利用して、自分の傾斜角を補正する。
- などが考えられる。

また、人間型ロボット以外で想定されるものとしては、

- 1) 工場の組立ラインにおいて、ライン上や、パレット上に用意された部品を組み立てる作業。この場合に、用意する部品を複雑に移動させながらも作業させられるし、止まっている場合も、位置決めが不要である。
 - 2) 自動車の運転支援装置で、対向して走行してくる自動車や、並行して隣接車線を走行している自動車の位置を認識し、操舵、減速、加速などを行うことで、それらとの距離を調整したり、自動車の速度を調整したりする。
- などへの適用が考えられる。以上のごとく、本発明は正射影型の魚眼レンズのように、画像周辺の角度分解能が中心部の角度分解能より劣る代わりに視野角が非常に広いレンズを用いた場合に特に効果的である。

【0072】

【発明の効果】

以上詳述したとおり、本発明によれば、撮像装置が撮像した画像中の対象物の位置を認識するとともに、対象物が撮像画像中の周辺部にある場合には、中央部で対象物を撮像するように撮像装置を転回するので、対象物を中央部で捉えて正確に位置認識し、正確な作業を行うことができる。また、認識した位置に応じて、対象物との相対位置を調整して作業を行うので、高度で正確な作業を行うことができる。さらに、本発明では、対象物が画像フレームの周辺部に来た場合であっても単にその情報を無視するのではなく、「X, Y位置」や「方位」のみでも情報として使用できるものは相応の方法で使用することで、早期に、かつ、効果

的にタスクが達成される。具体例としては、対象物が画像フレームのどこにあるかによって、本発明による装置がとる行動を変えるようにしておくことで、画像フレームの横端部に風船がある場合、精度よく風船の空間位置を算出する前に移動や姿勢変位が開始され、風船への接近の早期化が図られる。この結果、確実に風船を打ち上げられる位置において高精度に風船位置認識を行う時間的余裕を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施形態に係るロボットの外観図である。

【図 2】

実施形態に係るロボットを動作させるための主な内部構造を示した斜視図である。

【図 3】

実施形態に係るロボットのブロック図である。

【図 4】

本発明の要部に相当するハードウェア構成を示したブロック図である。

【図 5】

実施形態に係るロボットを機能的に示したブロック図である。

【図 6】

画像処理の概略を示したフローチャートである。

【図 7】

画像からの色のサンプリングを説明する図である。

【図 8】

C r - C b 空間上での風船色のサンプリングを説明する図である。


【図 9】

基準風船色を有する画素を抽出した例を示す図である。

【図 10】

ラベリング処理を説明する図である。

【図 11】



形状判定を説明する図である。

【図 1 2】

風船の位置座標の計算方法を説明する図である。

【図 1 3】

正射影魚眼レンズと中心射影広角レンズの距離認識特性のグラフである。

【図 1 4】

撮像した画像の領域分けを説明する図である。

【図 1 5】

実施形態に係るロボットの動作を説明するフローチャートである。

【図 1 6】

バルーンプレイを行った様子を示す図である。

【符号の説明】

4 1, 4 2 関節

4 3 C C D カメラ

1 1 0 画像処理部

1 1 2 対象物抽出部

1 1 3 距離演算部

1 1 4 水平位置演算部

1 1 5 垂直位置演算部

1 1 6 対象物領域認識部

1 2 0 主制御部

1 2 2 行動決定部

R ロボット

R 1 脚部

R 2 上体

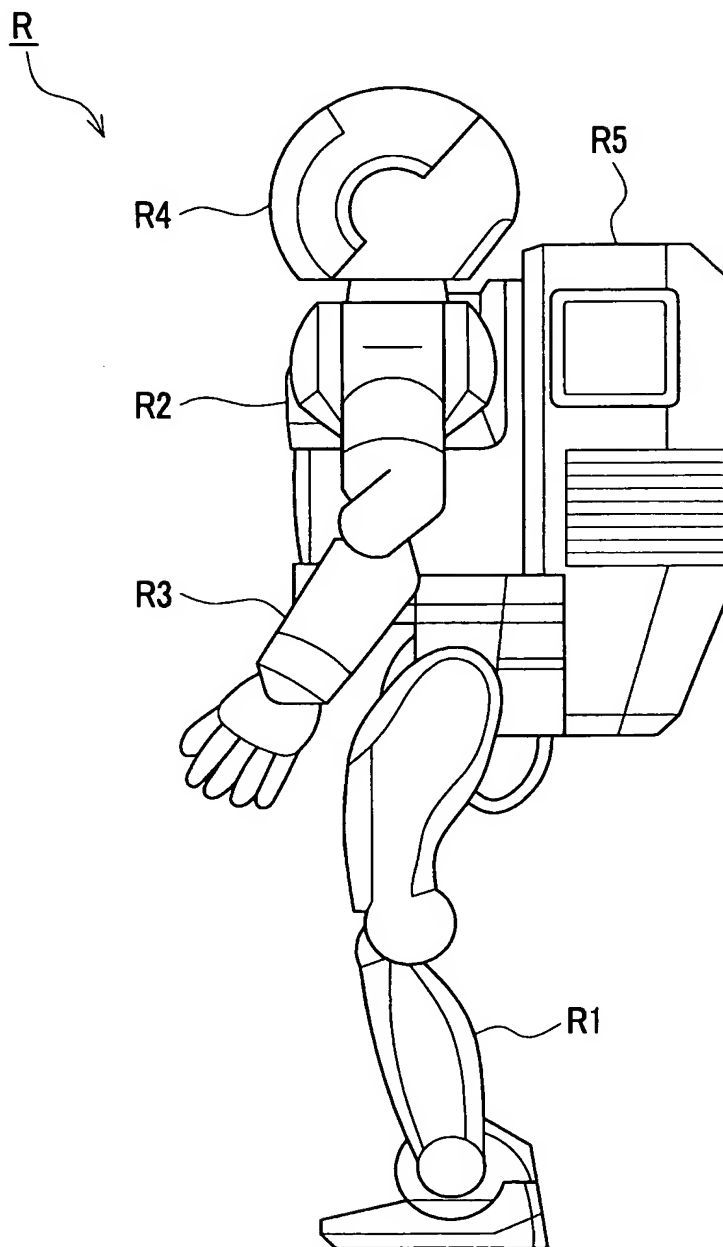
R 3 腕部

R 4 頭部

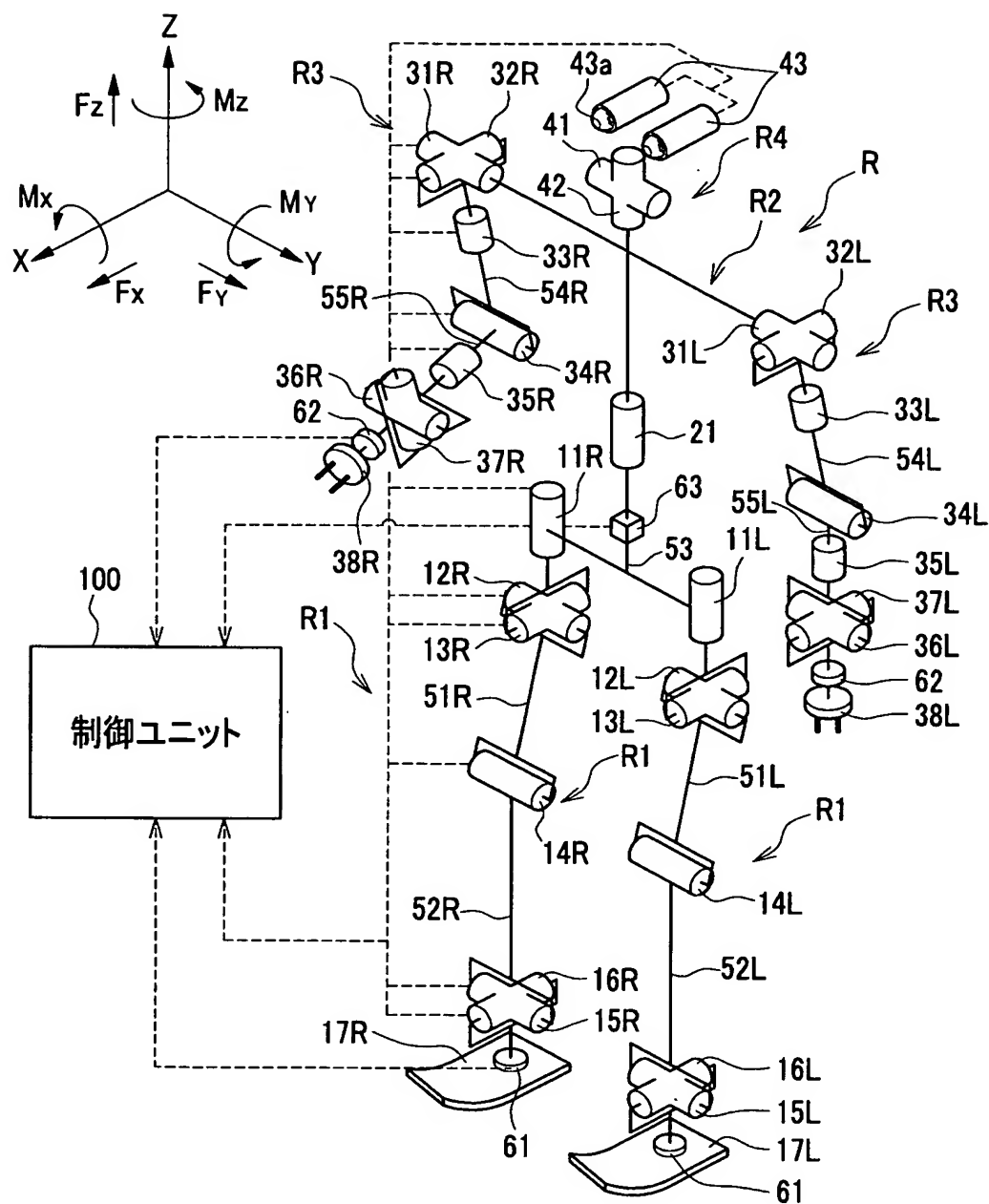
【書類名】

図面

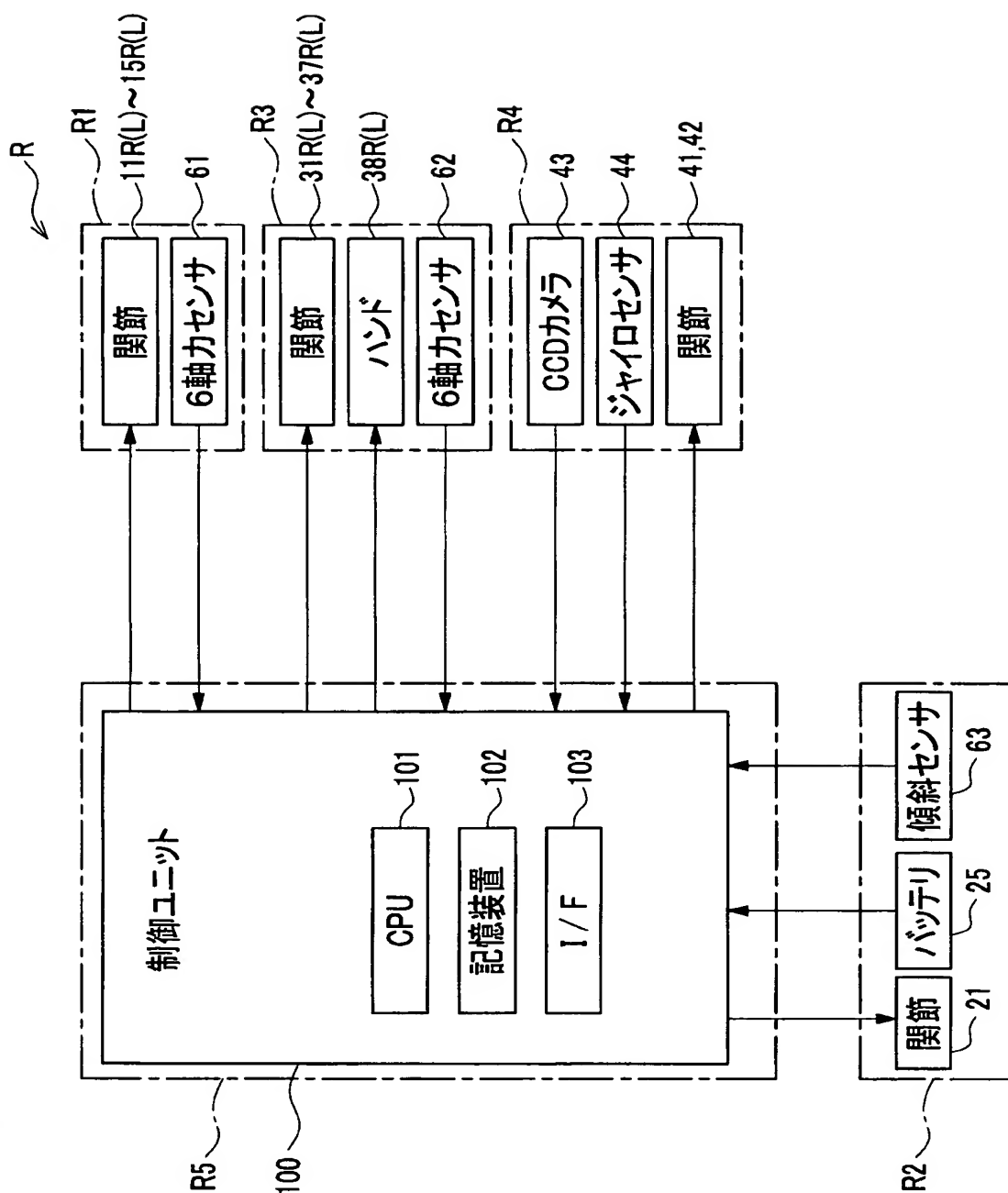
【図 1】



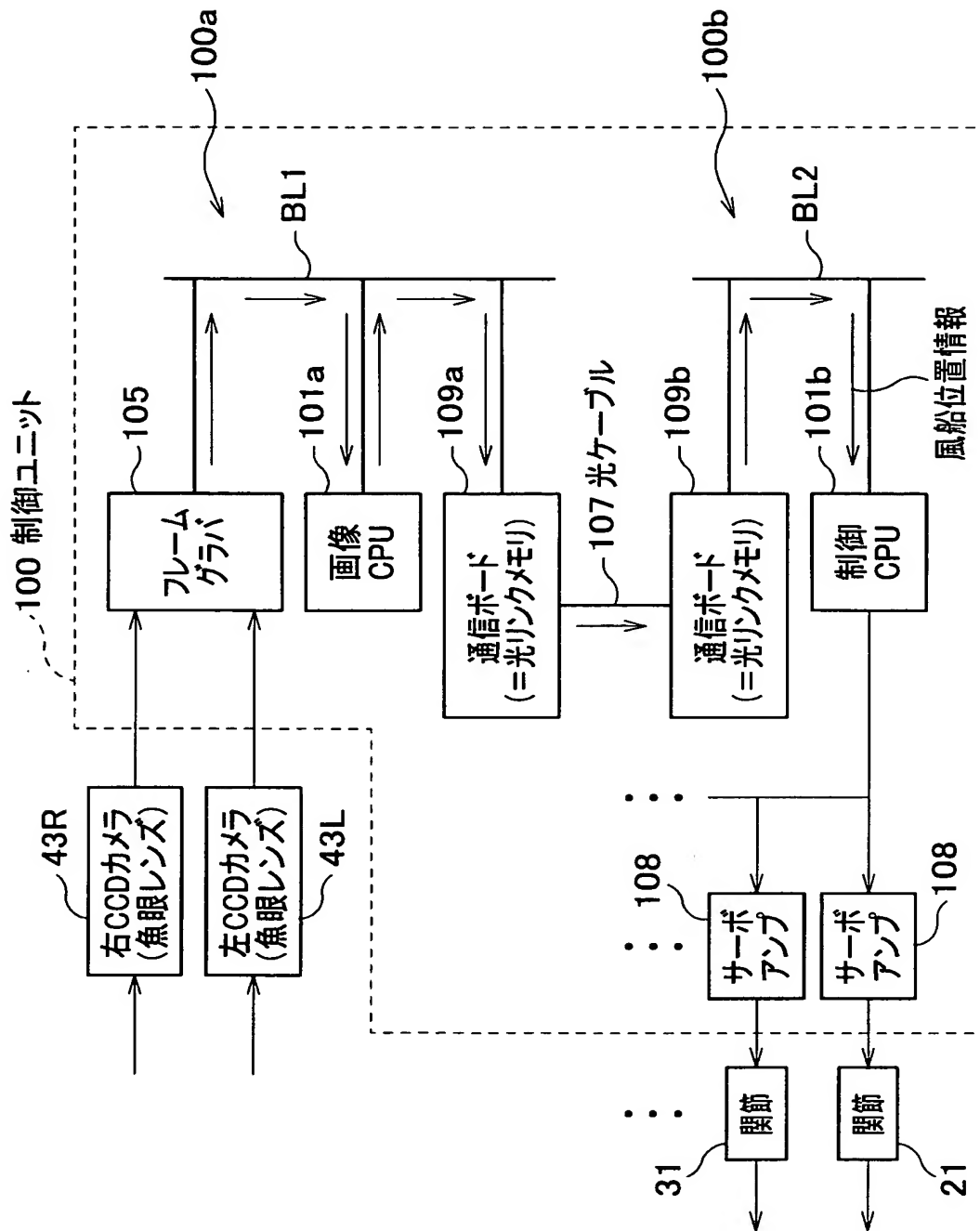
【図 2】



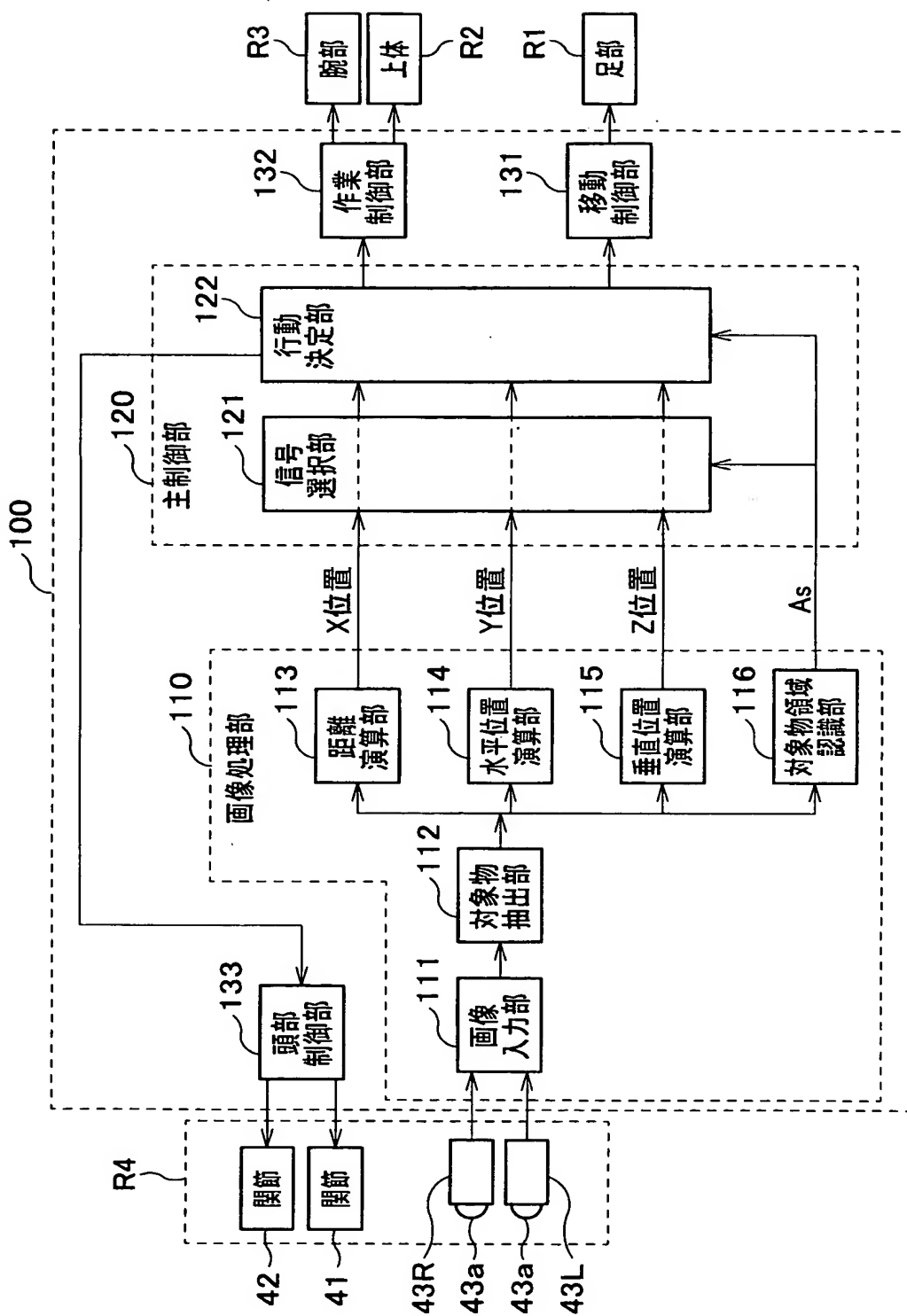
【図 3】



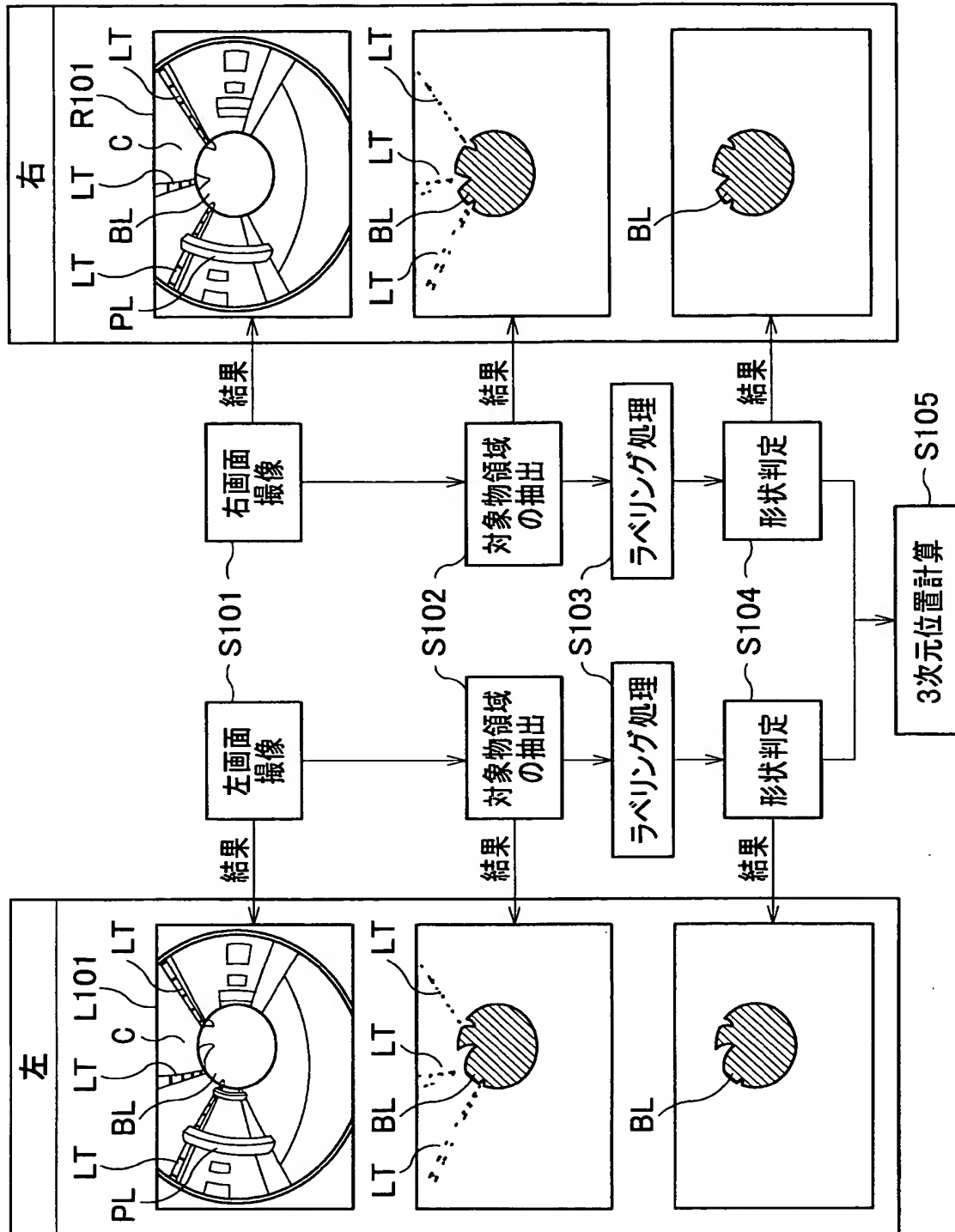
【図 4】



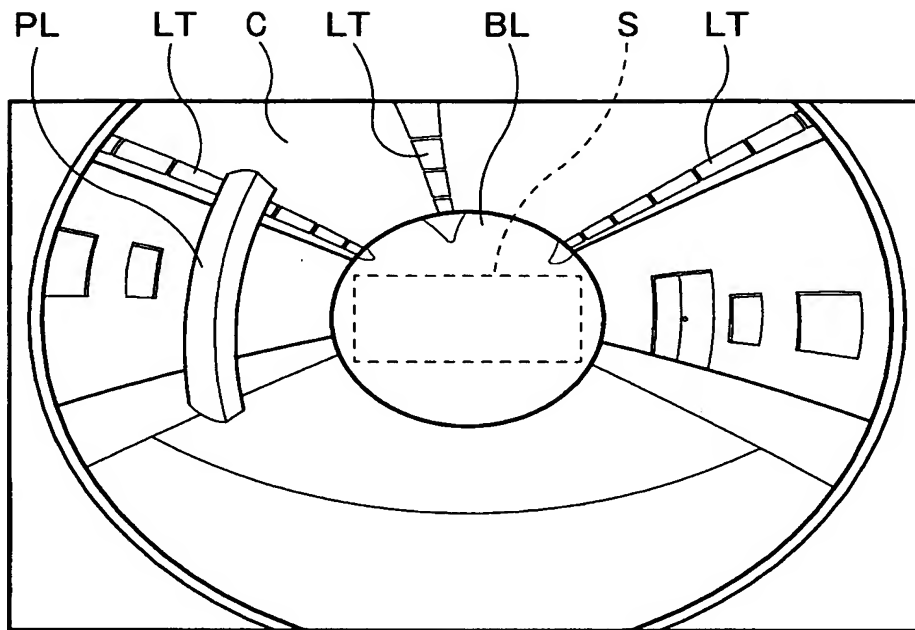
【図 5】



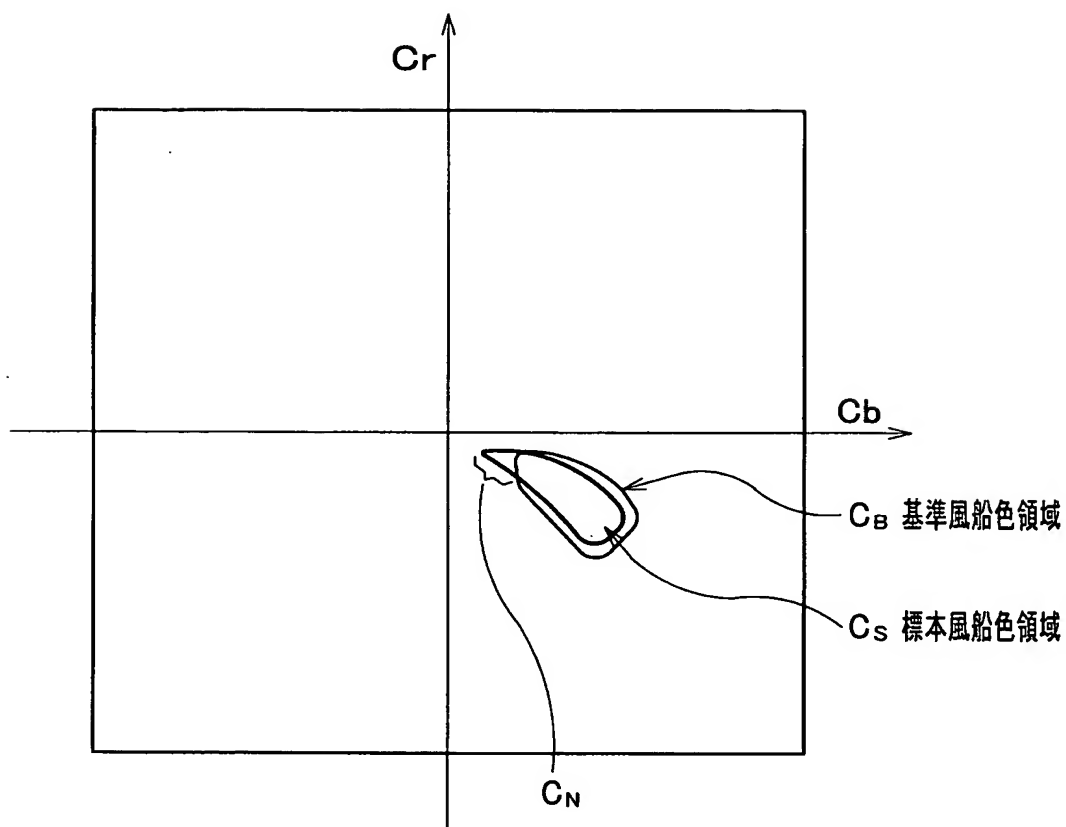
【図 6】



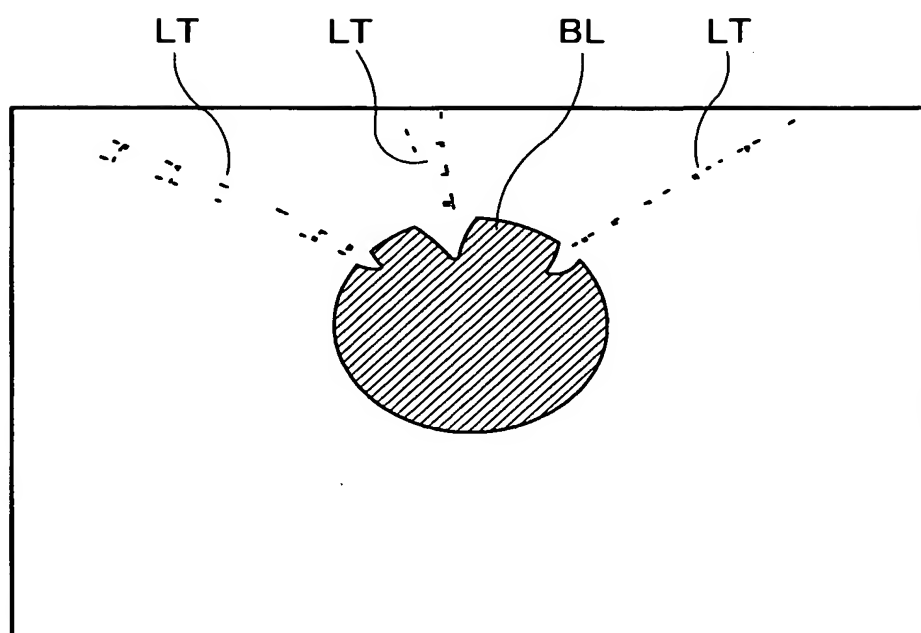
【図 7】



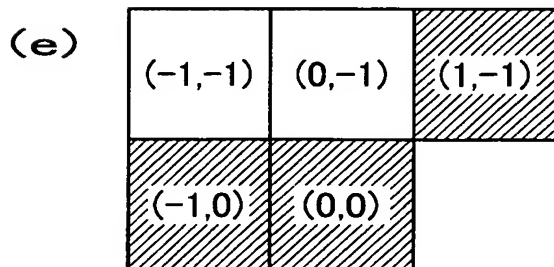
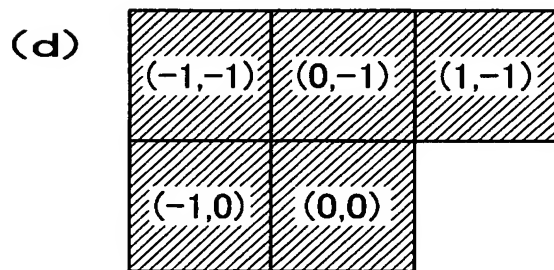
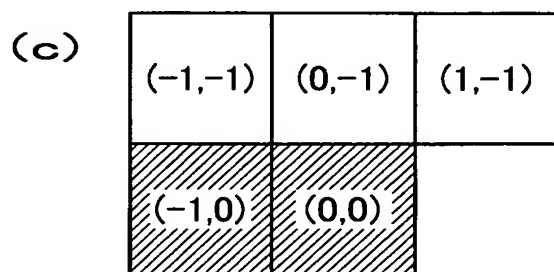
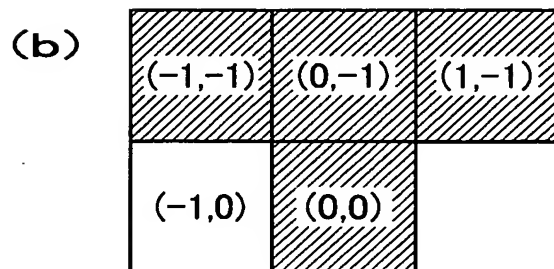
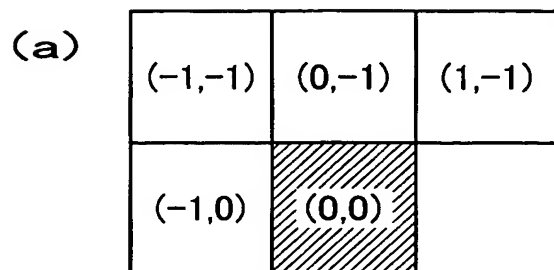
【図 8】



【図 9】

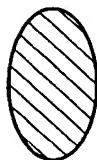


【図 1 0】

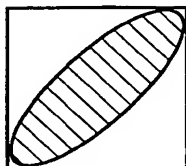


【図 1 1】

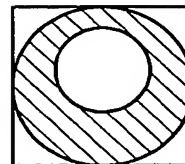
(a)
縦横比



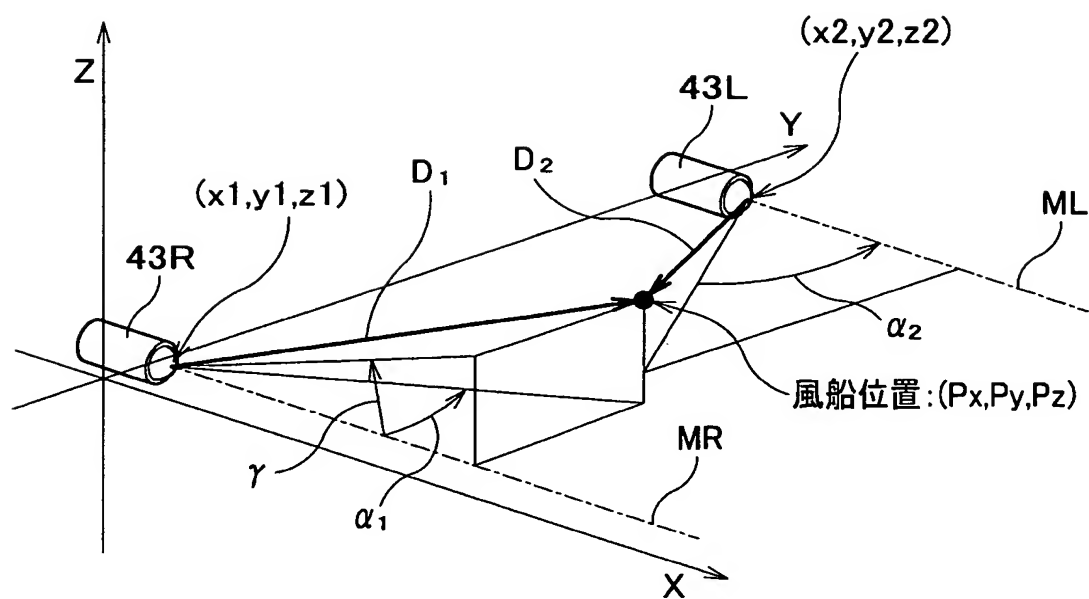
(b)
充填率



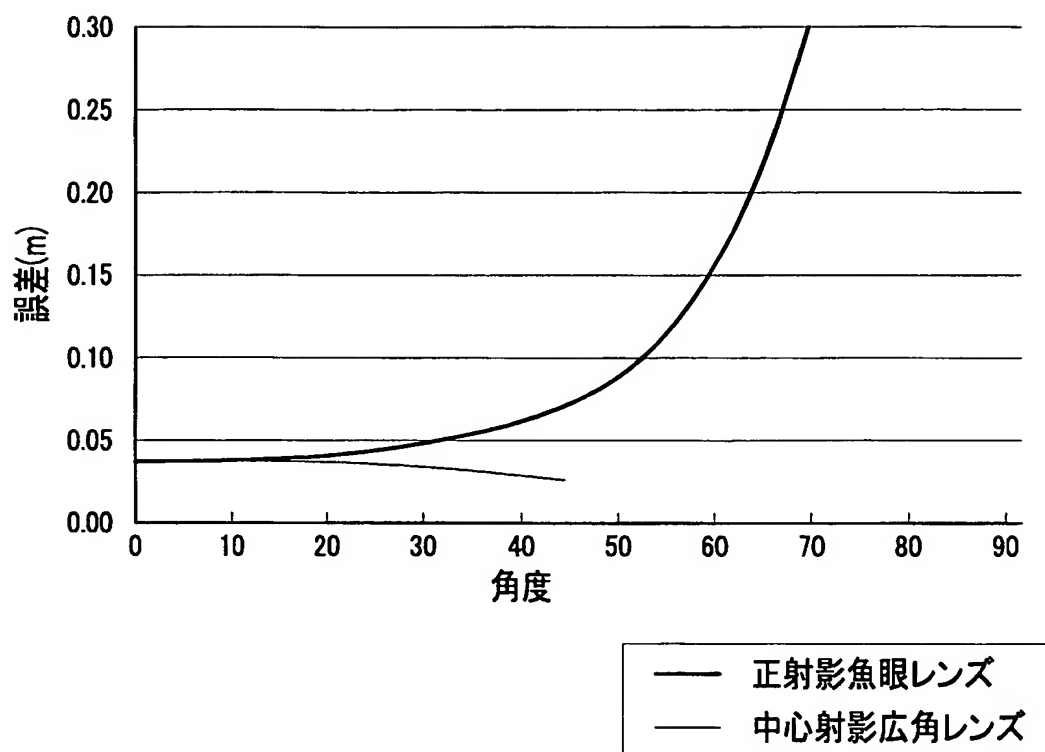
(c)
充填率



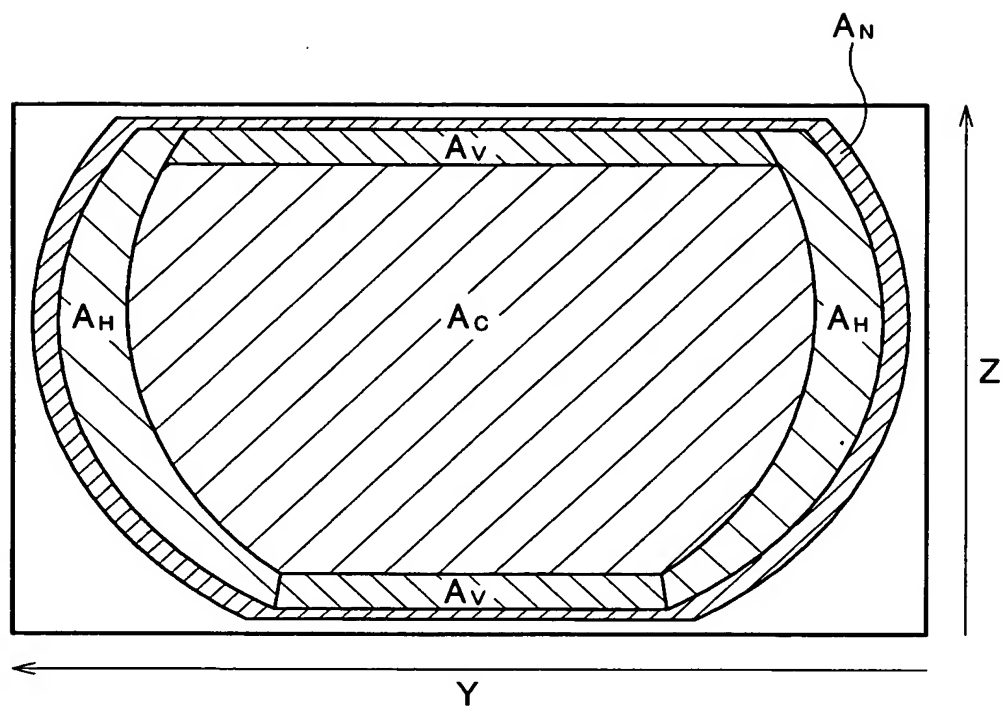
【図 1 2】



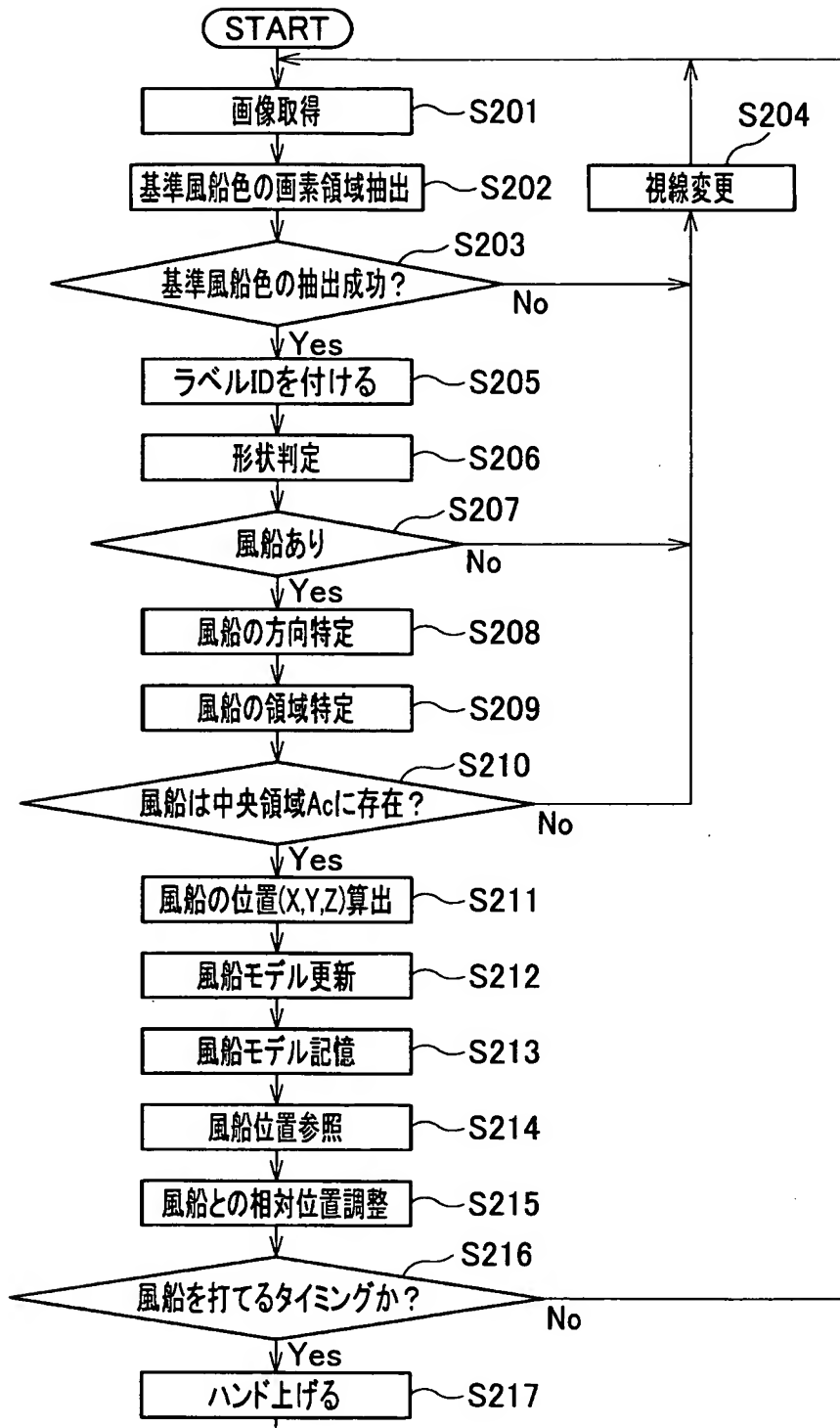
【図 13】



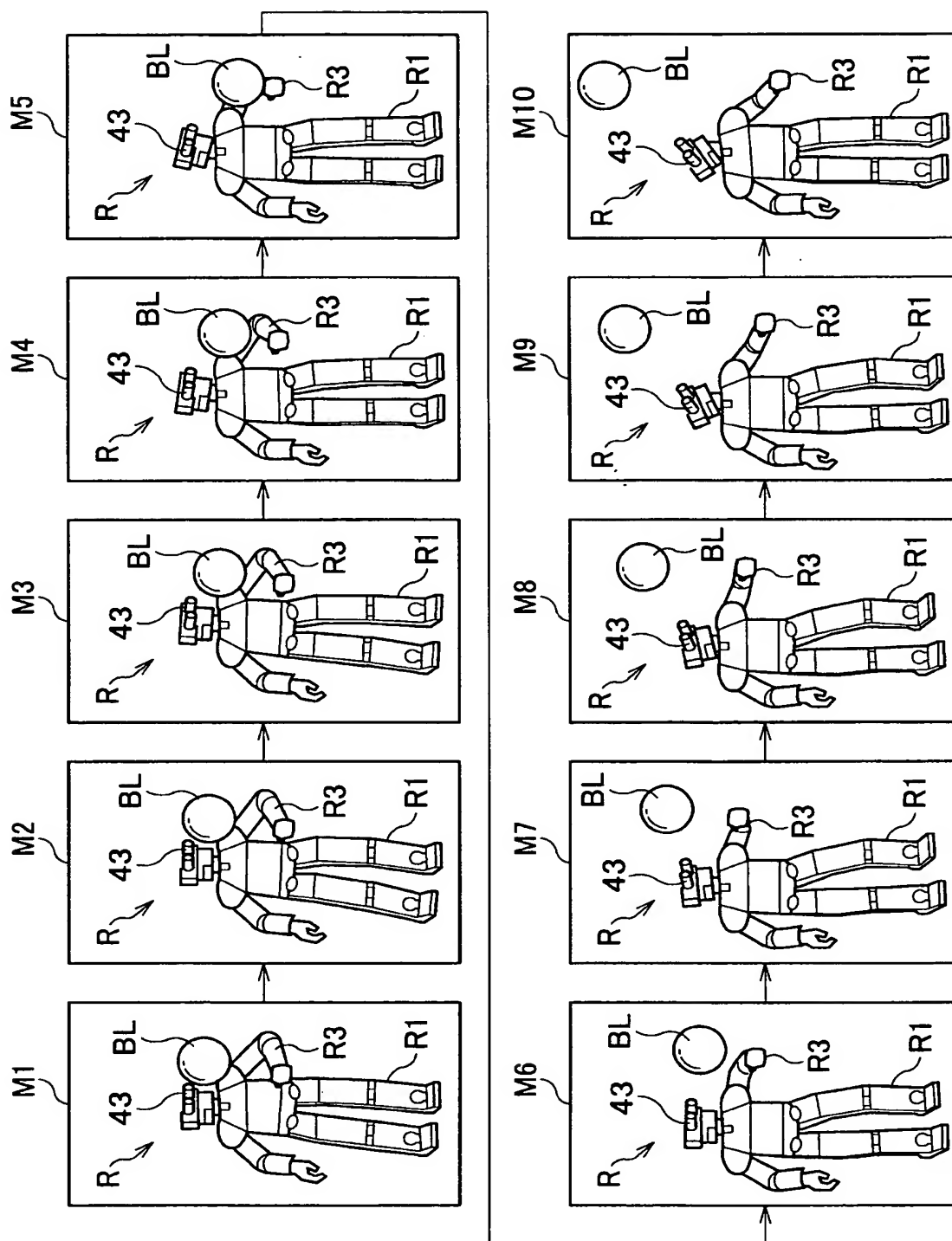
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 移動する物体に対する作業を正確に行う自動作業装置を提供する。

【解決手段】 左右のCCDカメラ43から撮像した画像から対象物を抽出してその空間上の位置を認識し、腕部R3等によって対象物に対し作業を行う自動作業装置である。そして、撮像した画像に、中央部と周辺部の少なくとも2つの領域を設定し、対象物が周辺部にある場合には、CCDカメラ43を転回させて、中央部で撮像するようにし、位置認識部(113～115)で空間上の位置を認識して、対象物に対し作業を行う。また、作業に際し、対象物との相対位置を調整する。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 3 - 0 4 6 8 4 4

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 3 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

氏 名

本田技研工業株式会社